



TUGAS AKHIR - MO 141326

ANALISIS RESIKO KERUNTUHAN *JACKET* PASCA *SUBSIDENCE* AKIBAT MODIFIKASI KETINGGIAN *DECK*

DIMAS ALIF YUNAS
NRP. 4310 100 038

Dosen Pembimbing:
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



FINAL PROJECT - MO 141326

RISK BASED COLLAPSE ANALYSIS OF JACKET STRUCTURE DUE TO SUBSIDENCE AFTER MODIFICATION OF A DECK HEIGHT

DIMAS ALIF YUNAS
NRP. 4310 100 038

Supervisor:

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

ANALISIS RESIKO KERUNTUHAN *JACKET* PASCA *SUBSIDENCE* AKIBAT MODIFIKASI KETINGGIAN *DECK*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Dimas Alif Yunas

NRP. 4310100038

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyidi, Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng. (Pembimbing 2)

Surabaya, Januari 2015

ANALISIS RESIKO KERUNTUHAN *JACKET* PASCA *SUBSIDENCE* AKIBAT MODIFIKASI KETINGGIAN *DECK*

Nama Mahasiswa : Dimas Alif Yunas
NRP : 4310 100 038
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

ABSTRAK

Umumnya diperairan Indonesia saat ini banyak *platform* yang sudah termasuk dalam struktur tua. Dengan demikian perlu dilakukan *risk assessment*, terlebih jika *platform* tersebut telah mengalami *subsidence* sehingga kemudian dilakukan penaikan dek seperti *platform* L-COM milik PT.PHE-ONWJ. Analisis keruntuhan struktur bertujuan untuk mengetahui kegagalan member apakah termasuk dalam sistem seri ataupun paralel. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* pemodelan elemen hingga. Metode *pushover* digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur untuk mendapatkan nilai *reserve strength ratio* (RSR) dan *system redundancy* (SR). Dari hasil analisa diperoleh nilai RSR terkecil adalah 5.65 pada arah pembebanan 0 derajat. Sedangkan nilai SR terkecil adalah 1.071 pada arah pembebanan 90 derajat. Peluang kegagalan *member* (PoF) dilakukan dengan metode simulasi *monte carlo* dengan 100.000 kali simulasi. Dari hasil simulasi diperoleh PoF sistem terkecil adalah 2.15×10^{-8} pada arah pembebanan 90 derajat. Berdasarkan matriks resiko ISO 2000, PoF sistem struktur secara kualitatif tidak menyebabkan kerusakan yang signifikan terhadap struktur *jacket* (*negligible*). Untuk kategori keamanan personil termasuk dalam kategori E, untuk kategori lingkungan termasuk dalam kateogri D (*major effect*), dan untuk kategori bisnis termasuk dalam kategori D (*major damage*). Dengan demikian berdasarkan matriks resiko, struktur L-COM masuk dalam ALARP (*As low As Reasonably Practicable*).

Kata kunci: *risk assessment*, *subsidence*, *pushover*, *Reserve Strength Ratio*, *System Redundancy*, *monte carlo*.

RISK BASED COLLAPSE ANALYSIS OF JACKET STRUCTURE DUE TO SUBSIDENCE AFTER MODIFICATION OF A DECK HEIGHT

Name : Dimas Alif Yunas
REG : 4310 100 038
Department : Teknik Kelautan FTK – ITS
Supervisors : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

ABSTRACT

Issues regard to continued usage of aging jacket platforms affecting the aged fixed jacket platforms owned by PT. PHE-ONWJ in Indonesian waters was studied. The jacket structure was experienced subsidence and then to remains the operation deck-raising with hydraulic jack-up method is used. Therefore risk assessment is necessary to be performed. Collapse analysis is used to determine types of member failure, either in series or parallel system. This analysis was performed by finite element software. Pushover methods was used to check the structural strength and to obtain value of reserve strength ratio (RSR) and system redundancy (SR). The result of analysis is found the minimum RSR is 5.65 for 0 degrees loading direction. Whereas the minimum SR is 1.071 for 90 degrees loading direction. Probability of member failure (PoF) was performed with monte carlo simulation method with 100.000 iterations. From the result of simulations is obtained the smallest value of PoF system 2.15×10^{-8} . Qualitatively PoF of structural system is not significant to structural damage. Consequence of failure (CoF) category of safety is included in category E (negligible), for CoF category of environmental is included in category D (major effect), and CoF category of business is included in category D (major damage). The conclusion based on risk matrix, L-COM platform is included in ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

Keywords: *risk assessment, subsidence, pushover, Reserve Strength Ratio, System Redundancy, monte carlo.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah Wa Syukurillah, segala puja dan puji kami panjatkan kepada Allah SWT atas Ridho dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini berjudul **"Analisis Resiko Keruntuhan Jacket Pasca Subsidence Akibat Modifikasi Ketinggian Deck"**. Buku laporan Tugas akhir ini sebagai bekal keahlian ataupun sebagai sebuah karya nyata seorang mahasiswa, sehingga nantinya mampu untuk terjun dan bersaing di dunia kerja. Shalawat dan Salam saya ucapkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat diharapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang ekayasa kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya. *Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Surabaya, Januari 2015

Dimas Alif Yunas

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji beserta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan bantuan baik berupa materi maupun do'a, baik secara langsung maupun tidak langsung, kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan banyak kasih sayang, do'a dan bimbingan yang sangat berharga dan tidak ada yang dapat menggantikannya sepanjang masa.
2. Dosen pembimbing pertama penulis, Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., untuk kesediaannya membimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Dosen pembimbing kedua penulis, Bapak Ir. Murdjito, M.Sc.Eng., untuk kesediaannya membimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Ketua Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Bapak Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D.
5. Teman-teman angkatan 2010 Teknik Kelautan ITS, yang telah bersama-sama berjuang dalam menempuh jenjang pendidikan ini.
6. Seluruh staf pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Kelautan ITS.
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga seluruh bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang baik dari Allah SWT dan menjadi bekal di masa depan bagi penulis.

Dimas Alif Yunas

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| UCAPAN TERIMA KASIH | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| DAFTAR NOTASI | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penulisan | 5 |
| 1.4 Manfaat Penulisan | 5 |
| 1.5 Batasan Masalah | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Dasar Teori | 8 |
| 2.1.1 Gambaran Umum Struktur Jacket | 8 |
| 2.1.2 Kriteria Assessment | 9 |
| 2.1.3 Kriteria Penilaian Anjungan | 10 |
| 2.1.4 Teori Pembebanan | 10 |
| 2.1.4.1 Beban Mati (Dead Load) | 11 |
| 2.1.4.2 Beban Hidup (Live Load) | 11 |
| 2.1.4.3 Beban Lingkungan (Environmental Load) | 11 |
| 2.1.4.4 Beban Akibat Kecelakaan (Accidental Load) | 12 |
| 2.1.5 Tegangan Ijin | 12 |
| 2.1.5.1 Tegangan Tarik Aksial | 12 |
| 2.1.5.2 Tegangan Tekan Aksial | 12 |
| 2.1.5.3 Bending | 13 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.5.4 Kombinasi Tekan Aksial dan Bending..... | 13 |
| 2.1.6 Analisa Kekuatan Ultimate..... | 13 |
| 2.1.7 Reserve Strength Ratio (RSR) dan System Redundancy (SR)..... | 14 |
| 2.1.8 Keandalan Pada Sistem Rekayasa..... | 15 |
| 2.1.9 Indeks Keandalan..... | 16 |
| 2.1.10 Simulasi Monte Carlo..... | 16 |
| 2.1.11 Keandalan Sistem..... | 19 |
| 2.1.11.1 Keandalan Sistem Seri..... | 19 |
| 2.1.11.2 Keandalan Sistem Pararel..... | 20 |
| 2.1.12 Penilaian Resiko (Risk Assessment)..... | 21 |
| 2.1.13 Identifikasi Bahaya (HAZID)..... | 22 |
| 2.1.14 Matriks Resiko..... | 22 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 25 |
| 3.1 Diagram Alir Umum..... | 25 |
| 3.2 Prosedur Penelitian..... | 27 |
| 3.3 Pengumpulan Data..... | 28 |
| 3.3.1 Data Struktur..... | 28 |
| 3.3.2 Data Clamp..... | 28 |
| 3.3.3 Data Lingkungan..... | 29 |
| 3.4 Pemodelan Struktur..... | 31 |
| 3.4.1 Pemodelan Jacket..... | 31 |
| 3.5 Pemodelan Beban..... | 33 |
| 3.5.1 Pemodelan Beban Vertikal Pada Deck (Payload)..... | 33 |
| 3.5.2 Kombinasi Pembebanan..... | 34 |
| 3.5.3 Pemodelan Beban Untuk Analisa Pushover..... | 34 |
| 3.6 Analisa Statis Non-Linier Pushover..... | 35 |
| 3.7 Menentukan RSR..... | 37 |
| 3.8 Moda Kegagalan..... | 37 |
| 3.9 Analisis Keandalan Struktur..... | 38 |
| 3.10 Konsekuensi Kegagalan..... | 39 |
| BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 41 |
| 4.1 Analisa In-Place..... | 41 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1. Platform – platform yang Berada Pada Lapangan LIMA | 2 |
| Gambar 1.2. Proses Peninggian Dek | 3 |
| Gambar 1.3. Penggunaan Clamp Pada Platform LIMA..... | 4 |
| Gambar 2.1. Jacket | 9 |
| Gambar 2.2. Fungsi Kerapatan Peluang (fkp)..... | 15 |
| Gambar 2.3. Algoritma Untuk Simulasi Monte Carlo | 18 |
| Gambar 2.4. Hubungan Bilangan Acak Distribusi Uniform dengan Kumulatif | 19 |
| Gambar 2.5. Representasi Grafis Sebuah Sistem Seri dengan n-komponen..... | 20 |
| Gambar 2.6. RBD Sistem Pararel Aktif dengan n-komponen | 21 |
| Gambar 2.7. Contoh Matriks Resiko..... | 23 |
| Gambar 3.1. Alur Pengerjaan Secara Umum..... | 26 |
| Gambar 3.2. Arah Orientasi Platform..... | 29 |
| Gambar 3.3. Pemodelan Platform L-COM Sebelum Penaikan Dek..... | 32 |
| Gambar 3.4. Pemodelan Platform L-COM Setelah Penaikan Dek..... | 33 |
| Gambar 3.5. Collapse Input..... | 35 |
| Gambar 3.6. Alur Proses Analisa Pushover..... | 36 |
| Gambar 3.7. Kurva Hasil Simulasi Monte Carlo Pada Member 405-401 | 39 |
| Gambar 4.1. Urutan Member Kolaps Arah Pembebanan 135 Derajat..... | 52 |
| Gambar 4.2. RBD Arah 135 Derajat..... | 52 |
| Gambar 4.3. RBD Arah 135 Derajat yang Sudah Dikelompokkan..... | 53 |

DAFTAR NOTASI

F_a = tegangan axial yang diijinkan

F_b = tengan bending yang diijinkan

f_a = tegangan axial

f_b = tegangan bending

C_m = Faktor Reduksi

F_y = tegangan *yield*, ksi (MPa)

E = modulus elastisitas, ksi (MPa)

k = faktor panjang efektif

L = panjang tanpa *bracing*

r = jari-jari girasi

C = koefisien tegangan kritis *buckling*

D = diameter luar

t = ketebalan pipa

f_y = tegangan geser maksimum,ksi (MPa)

V = tegangan geser transversal, kips(MN)

A = luasan melintang, in² (m²)

M_y = Momen bending y

M_z = Momen bending z

M_p = Momen bending plastis

P = Gaya aksial

P_u = Kapasitas Gaya Aksial



DAFTAR TABEL

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1. Data Platform | 4 |
| Tabel 3.1. Data Gelombang | 29 |
| Tabel 3.2. Data Arus | 30 |
| Tabel 3.3. Data Angin | 30 |
| Tabel 3.4. Kedalaman | 31 |
| Tabel 3.5. Beban Payload | 33 |
| Tabel 3.6. Kriteria Penilaian Anjungan | 40 |
| Tabel 4.1. Deck Element Output Untuk Kondisi Operasi | 42 |
| Tabel 4.2. Jacket Element Output Untuk Kondisi Operasi | 42 |
| Tabel 4.3. Deck Element Output Untuk Kondisi Badai | 43 |
| Tabel 4.4. Jacket Element Output Untuk Kondisi Badai | 43 |
| Tabel 4.5. Deck Element Output Untuk Kondisi Operasi | 44 |
| Tabel 4.6. Jacket Element Output Untuk Kondisi Operasi | 44 |
| Tabel 4.7. Deck Element Output Untuk Kondisi Badai | 45 |
| Tabel 4.8. Jacket Element Output Untuk Kondisi Badai | 45 |
| Tabel 4.9. Nilai RSR dan SR Sebelum Peninggian Dek | 46 |
| Tabel 4.10. Nilai RSR dan SR Setelah Peninggian Dek | 46 |
| Tabel 4.11. PoF Member Arah Pembebanan 0 Derajat | 47 |
| Tabel 4.12. PoF Member Arah Pembebanan 45 Derajat | 47 |
| Tabel 4.13. PoF Member Arah Pembebanan 90 Derajat | 48 |
| Tabel 4.14. PoF Member Arah Pembebanan 135 Derajat | 48 |
| Tabel 4.15. PoF Member Arah Pembebanan 180 Derajat | 49 |
| Tabel 4.16. PoF Member Arah Pembebanan 225 Derajat | 49 |
| Tabel 4.17. PoF Member Arah Pembebanan 270 Derajat | 50 |
| Tabel 4.18. PoF Member Arah Pembebanan 315 Derajat | 50 |
| Tabel 4.19. PoF Sistem Struktur L-COM | 53 |
| Tabel 4.20. Ranking PoF Matriks Resiko | 54 |
| Tabel 4.21. Ranking CoF Matriks Resiko | 54 |
| Tabel 4.22. Matriks Resiko | 55 |

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Surabaya 29 juli 1992, yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal yaitu di TK Fajar Tangerang pada tahun 1996-1998. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN Gebang Raya 1 Tangerang pada tahun 1998-2004. Penulis menempuh pendidikan menengah pertama di SMPN 12 Tangerang pada tahun 2004-2007. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 4 Tangerang pada tahun 2007-2010. Pada

tahun 2010 penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan dan mengambil bidang keahlian perancangan dan produksi bangunan lepas pantai.

Organisasi yang pernah diikuti penulis adalah Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ) Jurusan Teknik Kelautan. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero) Jakarta selama 2 bulan mengerjakan beberapa proyek diantaranya *Integrity Assesment of UL-A Platform* serta *Static Analysis of Crane Runway* milik PT. PHE-ONWJ. Di akhir masa studi, penulis mengambil

Tugas Akhir mengenai manajemen proyek yang berjudul **Analisis Resiko Keruntuhan Jacket Pasca Subsidence Akibat Modifikasi Ketinggian Deck**

BAB I

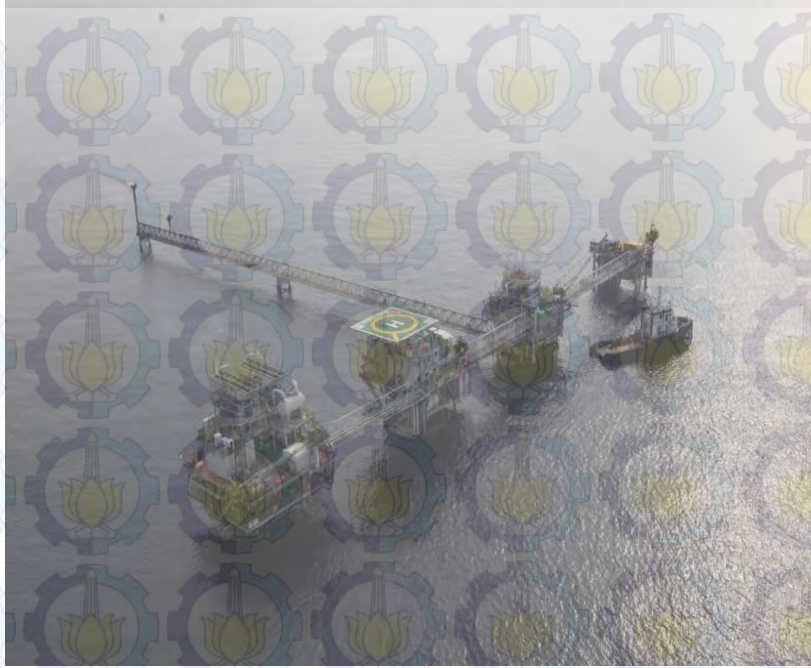
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi (migas) dari masa ke masa selalu mengalami kemajuan. Sejak dimulai pada tahun 1900-an, awalnya hanya berkonsentrasi pada daratan. Namun seiring bertambahnya waktu disertai kebutuhan akan migas yang kian bertambah, perlu dilakukan pencarian cadangan – cadangan migas pada lokasi tertentu dimana saat ini sudah merambah ke perairan dalam.

Untuk memenuhi pekerjaan pengeboran migas di laut, diperlukan suatu struktur dimana struktur tersebut dapat menahan beban lingkungan (angin, gelombang, pasang surut, dan arus) yang mengenainya serta dapat mendukung segala aktifitas yang ada di lepas pantai. Untuk perairan dangkal biasanya digunakan *offshore fixed platform* yang merupakan struktur terpancang yang memiliki bagian – bagian yang terdiri atas *jacket*, *pile*, dan *topsides*. Pada perancangannya, dek pada suatu *platform* ditentukan ketinggiannya terhadap MSL (*Mean Sea Level*) sehingga didapatkan jarak minimum antara MSL dengan dek paling bawah. Dengan demikian maka elevasi dek keseluruhan dapat dengan mudah ditentukan oleh perancang.

Namun seiring waktu pengoperasian *platform* tersebut, akan muncul masalah – masalah yang timbul seperti berubahnya ketinggian MSL terhadap dek. Dampak dari perubahan ini adalah naiknya batas *splash zone* sehingga air dapat melimpas mengenai dek dan mengganggu kegiatan di atasnya. Dampak lainnya adalah dengan perubahan tersebut maka *platform* akan mendapatkan beban yang tidak sesuai dengan yang direncanakan, beban tersebut akan mengakibatkan penurunan kekuatan struktur secara keseluruhan bahkan keruntuhan karena kondisi *platform* sudah berbeda dari rancangan awal.



Gambar 1.1. *Platform – platform* ang Berada Pada Lapangan LIMA

Perubahan ketinggian MSL juga bisa disebabkan terjadinya *subsidence* atau penurunan tanah disekitar kaki *jacket*. Kejadian *subsidence* diantaranya terjadi di pulau jawa yaitu pada *platform* LIMA yang terletak sekitar 100 mil timur laut jakarta. Penurunan tanah pada area tersebut kurang lebih 3-4 meter dari kondisi awal. Efek penurunan tanah pada struktur lepas pantai akan sangat berbahaya terutama pada ekofisik jika penurunan tanah terjadi sekitar 6 meter (Abdulazeez, 2007). Fakta penurunan tanah di *platform* minyak memberikan *warning* bagi *risk assesment* karena dampak penurunan tanah dapat memberikan kerusakan pada struktur *platform* (Kelompok Keilmuan Geodesi, 2007).

Dari penjelasan diatas menunjukan bahwa penting untuk dilakukan analisa kekuatan *platform* pasca terjadinya penurunan tanah, sehingga dapat diketahui kelayakan *platform* untuk kembali beroperasi. Apabila *platform* dengan kondisi tersebut masih tetap ingin dioperasikan dengan pertimbangan finansial dan kinerja, maka diperlukan langkah – langkah untuk mempertahankan *platform*. Salah satu cara untuk mempertahankan fungsi *platform* adalah dengan menggunakan *hydraulic Jack-Up* pada bagian dek *leg*. Kemudian dilakukan peninggian dek (untuk kasus *platform* di LIMA *field*) setinggi 4 meter.

Berikut ini merupakan tahapan operasi penaikan dek :

- Pemasangan *lower padeye*
- Pemasangan *leg bushing*
- Pemotongan *pin slot* di dek *leg* dan pemotongan sebagian dek *leg*
- Pemasangan *upper padeye*
- Pemasangan *rams* tahap 1
- Peninggian dek hingga 1 meter, kemudian dilakukan pemasangan *pin-1*
- Melepaskan *rams* tahap 1 dan dilakukan pengelasan *upper padeye sleeve* dengan bagian bawah dari *leg bushing*
- Pemasangan *inner sleeve*
- Pemasangan *outer sleeve*
- Pemasangan *rams* tahap 2
- Pemotongan *tabs* pada bagian *upper padeye*
- Peninggian dek hingga *pin-2* dapat dipasang
- Melanjutkan peninggian dek hingga posisi akhir dan dilakukan pemasangan *pin-3*
- Melepaskan *rams* tahap 2 dan dilakukan pengelasan *outer sleeve* pada bagian *inner sleeve* dan bagian bawah dari *upper padeye sleeve*



Gambar 1.2. Proses Peninggian Dek (<http://versabar.com>)



Gambar 1.3. Penggunaan *Clamp* Pada *Platform* LIMA

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis resiko keruntuhan *jacket* setelah dilakukan peninggian dek pasca *subsidence*. Analisis keruntuhan bertujuan untuk mengetahui bagaimana kegagalan sistem struktur *jacket* dengan *member* sebagai komponennya, apakah termasuk dalam sistem seri dan atau paralel. Dengan demikian maka perlu dilakukan analisa *ultimate strength*. Metode yang dipilih adalah metode *pushover*. Kemudian dilakukan analisa resiko untuk mengetahui bagaimana resiko dari *platform* tersebut mengingat resiko yang diterima apabila *platform* tersebut gagal serta konsekuensinya.

Tabel 1.1. Data Platform

| Description | L-COM |
|-----------------------------------|------------------------|
| Number of legs | 4 |
| Jacket dimension at Working Point | 40 x 40 (ft x ft) |
| Jacket elevation at Working Point | +15.00 (MSL) (ft) |
| Height of Jacket | 105.6 (ft) |
| Number of Piles | 4 |
| Riser | 24" (OD) x 0.5" (t) |
| | 16" (OD) x 0.5" (t) |
| | 12.75" (OD) x 0.5" (t) |
| | 6.625" (OD) x 0.5" (t) |
| Main Dek T.O.S Elevation | +45.00 (MSL) (ft) |
| Cellar Dek T.O.S Elevation | +25.00 (MSL) (ft) |
| Main Dek Dimensions | 60 x 60 (ft x ft) |
| Cellar Dek Dimensions | 40 x 40 (ft x ft) |

Beberapa penelitian yang berhubungan dengan analisa keruntuhan *platform*, antara lain:

1. Alam (2007), membahas mengenai keruntuhan *jacket* akibat beban seismic.
2. Bao *et al* (2009), membahas mengenai metode penilaian anjungan tua dengan analisa kekuatan *ultimate*.
3. Putri (2011), membahas mengenai analisa *ultimate jacket* pasca *subsidence*.
4. Maharlika (2012), membahas mengenai keruntuhan *jacket* akibat beban gempa.
5. Robayasa (2012), membahas mengenai kekuatan *ultimate jacket tripod* berbasis resiko.
6. Kurian *et al* (2012), membahas mengenai keandalan struktur *jacket* di perairan Malaysia dengan studi utama menggunakan analisis *pushover*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi kajian dari tugas akhir ini merujuk pada data *platform* yang diberikan pada Tabel 1.1 yaitu:

1. Bagaimana pola mekanisme keruntuhan struktur *jacket* L-COM?
2. Berapa PoF (*Probability of Failure*) akibat kondisi *ultimate* dalam proses keruntuhannya?
3. Bagaimana matriks resiko *jacket platform* tersebut?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui pola mekanisme keruntuhan struktur *jacket* L-COM.
2. Menghitung PoF (*Probability of Failure*) akibat kondisi *ultimate* dalam proses keruntuhannya.
3. Mengetahui matriks resiko *jacket platform* tersebut.

1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah : Dapat mengetahui nilai SR (*Redundancy System*) dan peluang kegagalan (*Probability of Failure*) *jacket platform* dengan

metode analisis keandalan. Kemudian dengan melakukan analisa resiko, maka akan diketahui matriks resiko *jacket platform*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan – batasan yang digunakan untuk memudahkan analisis untuk dicapai tujuan yang diharapkan ialah sebagai berikut :

1. *Platform* yang digunakan adalah *platform L-COM* milik PT PHE-ONWJ di lapangan LIMA
2. Pemodelan *jacketplatform* dilakukan dengan menggunakan *software SACS 5.3*.
3. Moda kegagalan dalam analisa hanya satu macam moda kegagalan, yaitu disebabkan oleh kombinasi beban axial dan bending moment akibat beban lingkungan
4. Analisa yang ditinjau hanya pada *jacket* saja
5. Input data tanah tidak dimasukkan dalam analisa *pushover*
6. Peluang kegagalan dihitung menggunakan metode analisis keandalan simulasi *Monte Carlo*.
7. Analisa resiko yang dilakukan adalah untuk mendapatkan matrik resiko.
8. Tidak meninjau biaya perbaikan *platform*.
9. Analisa resiko mengacu pada *standard ISO*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang memiliki sumber daya alam yang cukup melimpah, salah satunya adalah migas (minyak dan gas) buminya. Karena tidak bisa dipungkiri bahwa saat ini migas masih menjadi primadona sebagai bahan bakar yang memiliki banyak keunggulan dibanding dengan yang lain. Eksplorasi dan eksploitasi migas di lepas pantai membutuhkan suatu fasilitas ditengah laut yang dapat mendukung segala aspek kegiatan yang berada dilepas pantai. Fasilitas tersebut biasa disebut dengan *offshore fixed platform* dengan *jacket template* yang lazimnya digunakan untuk perairan dangkal. Para peneliti geologi, oseanografi dan pengamat lingkungan memprediksi bahwa penurunan tanah akan banyak terjadi pada abad ke-21 dengan pemanasan global dan naiknya permukaan laut seluruh dunia (Lewis, 1999). Oleh karena itu *jacket platform* dimana strukturnya bersandar pada dasar laut (seabed) perlu dilakukan analisa mengenai dampaknya terhadap *subsidence*. Beberapa penelitian yang dilakukan terhadap struktur yang mengalami *subsidence* dan keruntuhan adalah Alam (2007) melakukan Analisa keruntuhan *jacket* akibat beban seismic berbasis keandalan, Bao *et al* (2009) membahas mengenai metode penilaian anjungan tua dengan analisa kekuatan ultimate. Putri (2011) yang melakukan analisa *ultimate strength fixed platform* pasca *subsidence*. Kemudian Maharlika (2012), yang menganalisis keruntuhan *jacket platform* akibat beban gempa. Robayasa (2012) membahas mengenai kekuatan *ultimate jacket tripod* berbasis resiko. Kurian *et al* (2012), membahas mengenai keandalan struktur *jacket* di perairan Malaysia dengan studi utama menggunakan analisis *pushover*.

Dari penelitan – penelitian yang pernah dilakukan tersebut maka diperlukan analisis mengenai pola keruntuhan *jacket* setelah kenaikan dek pasca *subsidence* untuk mengetahui bagaimana resiko dari keruntuhan *jacket* akibat kenaikan elevasi dek pada *jacket platform*. Analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini menggunakan metode *push-over analysis* yang merupakan analisis dengan pembebanan incremental lateral untuk menentukan pembebanan yang menyebabkan struktur runtuh (PMB Engineering, 1988).

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Gambaran Umum Struktur *Jacket*

Struktur *Jacket* merupakan bentuk struktur terpancang (Fixed Structure) yang terdiri atas komponen utama yaitu :

1. *Topside*/geladak yang berfungsi sebagai penunjang seluruh kegiatan, tempat fasilitas dan tempat bekerja para personel.
2. *Template/Jacket* yang berfungsi sebagai penerus beban baik beban vertikal dari geladak maupun beban lateral dari angin, gelombang, arus dan boat impact ke pondasi. Pondasi yang berfungsi untuk meneruskan beban dari *jacket* ke tanah.
3. Pondasi yang berfungsi untuk meneruskan beban dari *jacket* ke tanah.

Selain itu juga ada subkomponen dari masing-masing komponen utama dari *jacket* yaitu :

1. Subkomponen dari struktur geladak antara lain : *skid beam*, plat geladak, dek *beam*, kaki geladak, *longitudinal trusses* dan *wind girders*.
2. Subkomponen dari *jacket* antara lain: *legs*, *horizontal* dan *vertical bracing*, *launch unner*, *launch trusses* dan *detail element* (boat landing, barge bumpers dan walkways).
3. Subkomponen dari pondasi antara lain : *skirt pile sleeves*, *skirt pile bracing*, *piles*.

Beberapa sistem *jacket* yang ada di dunia mempunyai perbedaan utama mengenai jumlah kaki, konfigurasi sistem *bracing* serta fungsi. Jumlah kaki pada setiap *jacket* bervariasi dari 1 (monopod) hingga 8 kaki dengan membentuk konfigurasi tertentu. Demikian juga dengan sistem konfigurasi *bracing*nya dari yang sederhana sampai yang omplek (McClelland, 1986). Contoh konfigurasi anjungan terpancang terlihat pada Gambar 3.1.



Bedasarkan API RP 2A Section 17, *assessment* dilakukan apabila terdapat perubahan-perubahan sebagai berikut:

- 9

5. *Damage Found During Inspections*, yaitu proses yang digunakan untuk menilai kemampuan dari struktur ketika mengalami kerusakan yang *significant* pada komponen struktur utama yang ditemukan pada saat inspeksi.
6. *Definition of Significant*, yaitu penurunan kumulatif pada sistem kapasitas *platform* yang mengakibatkan kerusakan atau kenaikan kumulatif pada sistem pembebanan *platform* yang mengakibatkan perubahan dari desain awal dengan mempertimbangkan menjadi *significant* jika perubahan kumulatif totalnya lebih besar daripada 10%.

2.1.3 Kriteria Penilaian Anjungan

Kategori untuk keamanan dan keselamatan berdasarkan API RP 2A Section 17 adalah sebagai berikut:

1. L-1 *High Consequence*, adanya personel tanpa evakuasi. Konsekuensi kegagalan ini meliputi *platform drilling* atau produksi, *storage* atau *platform* tanpa unit fasilitas.
2. L-3 *Low Consequence*, tidak ada personel. Mirip dengan L-2, *platform* pada kategori ini mempunyai potensi yang sangat kecil untuk kegagalan sumur. Karena ukurannya yang kecil dan fasilitas yang terbatas, kerusakan yang dihasilkan dari kegagalan *platform* akan sangat rendah sekali.

2.1.4 Teori Pembebanan

Pada suatu proses perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut (Soedjono, J.J., 1999):

1. Beban mati (*dead load*)
2. Beban hidup (*live load*)
3. Beban akibat kecelakaan (*accidental load*)

4. Beban lingkungan (*environmental load*)

2.1.4.1 Beban mati (*dead load*)

Beban mati (*dead load*) adalah beban dari komponen-komponen kering serta beban-beban dari peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu bangunan lepas pantai. Adapun beban mati tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut (API RP 2A, 2000):

- a. Berat dari struktur bangunan lepas pantai, seperti tiang pancang, bangunan atas, *jacket*, dek, *railing*, *grout*, *anode*, *stiffeners* dan lain-lain.
- b. Berat peralatan dan permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.
- c. Berat perlengkapan tambahan lain yang dipasang permanen pada struktur, seperti *board landing*, *risers*, *barge bumper*.

2.1.4.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi pada platform atau bangunan lepas pantai selama dipakai/ berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Adapun yang termasuk beban hidup (*live load*) dapat digolongkan sebagai berikut:

- a. Berat peralatan pengeboran (*drilling*)
- b. Berat peralatan produksi atau *treatment*
- c. Berat pendukung pengeboran
- d. Berat pendukung *treatment*
- e. Beban pengeboran
- f. Beban akibat gaya-gaya yang terjadi pada struktur dari operasi

2.1.4.3 Beban Lingkungan (*Environmental Load*)

Beban lingkungan (*Environmental Load*) adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah:

1. Beban gelombang
2. Beban angin

3. Beban arus
4. Beban gempa

2.1.4.4 Beban Akibat Kecelakaan (*Accidental Load*)

Beban kecelakaan (*accidental load*) merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai. Beban kecelakaan ini terjadi akibat dari:

- a. Tabrakan dengan kapal pemandu operasi
- b. Putusnya tali katrol (*crane*)
- c. Putusnya tali tambat (rantai jangkar, tali baja pengikat katrol)
- d. Kebakaran, letusan, *blow-out*
- e. Benda yang jatuh mengenai dek, dan lain-lain

2.1.5 Tegangan Ijin

2.1.5.1 Tegangan Tarik Aksial

Tegangan tarik ijin F_t menurut API (2005), untuk member silinder ditentukan dari

$$F_t = 0.6 F_y \quad (3.1)$$

Dengan F_y = kekuatan *yield*, Ksi

2.1.5.2 Tegangan Tekan Aksial

Tegangan ijin tekan aksial, F_a harus ditentukan dari formula AISC untuk *member* dengan perbandingan D/t kurang atau sama dengan 60:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2 C_c^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{Kl}{r}\right)}{8 C_c} - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{8 C_c^3}} \text{ untuk } \frac{Kl}{r} < C_c \quad (3.2)$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 \left(\frac{Kl}{r}\right)^2} \text{ for } \frac{Kl}{r} \geq C_c \quad (3.3)$$

$$C_c = \left(\frac{2 \pi^2 E}{F_y}\right)^{1/2} \quad (3.4)$$

E = Modulus Elastisitas, ksi

K = Faktor panjang efektif

l = Panjang tanpa bracing, in

r = jari-jari girasi, in

Untuk *member* dengan perbandingan D/t yang lebih besar dari pada 60 menggunakan formula *Local Buckling*.

2.1.5.3 Bending

Tegangan ijin *bending*, F_b menurut dinyatakan:

$$F_b = 0.75 F_y \text{ for } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_y} \quad (3.5)$$

$$F_b = \left[0.84 - 0.174 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y \text{ for } \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad (3.6)$$

$$F_b = \left[0.72 - 0.058 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y \text{ for } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (3.7)$$

Untuk rasio D/t lebih besar dari 300, lihat pada API Bulletin 2U

2.1.5.4 Kombinasi Tekan Aksial dan Bending

Untuk *member* silinder seperti ditunjukkan pada kombinasi antara kompresi dan regangan yang harus diproposionalkan pada kedua persyaratan berikut:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e}\right) F_b} \leq 10 \quad (3.8)$$

$$\frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 10 \quad (3.9)$$

F_a = tegangan aksial yang diijinkan, ksi

f_a = tegangan aksial, ksi (MPa)

F_b = tegangan bending yang diijinkan, ksi

f_b = tegangan bending, ksi

C_m = Faktor reduksi

2.1.6 Analisa Kekuatan *Ultimate*

Analisa kekuatan ultimate dilakukan untuk menentukan kekuatan maksimum struktur untuk menahan beban yang terjadi. Beberapa beban yang bekerja pada struktur mengakibatkan keruntuhan dan ketidakmampuan struktur menahan beban lingkungan dan topside. Metode analisa non linier dibutuhkan untuk menghitung

kekakuan member dalam rentang *post elastic-plastic*. Untuk analisa *ultimate* ini dilakukan dengan menggunakan metode *pushover analysis*. *Pushover analysis* merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui kekuatan *ultimate* dari struktur dalam menerima beban. Dimana beban yang bekerja pada struktur akan ditambah secara bertahap hingga struktur mengalami kegagalan. Ada dua jenis *load case* dalam pemodelan beban analisa *pushover*. *Load case* pertama yaitu beban vertikal yang bekerja pada struktur. Kemudian *load case* yang kedua adalah beban horizontal yang merupakan beban lingkungan kondisi ekstrim, yaitu beban lingkungan.

2.1.7 Reserve Strength Ratio (RSR) dan System Redundancy (SR)

RSR (*Reserve Strength Ratio*) dihitung dengan menggunakan analisa nonlinear finite element model dari struktur sering juga disebut sebagai *pushover analysis*. Secara dasar analisa ini dilakukan dengan cara menetapkan beban-beban yang akan digunakan, biasanya beban vertikal (*payload*) adalah beban yang dianggap tetap sedangkan beban lingkungan adalah beban yang dinaikkan (*incremental load*), beban lingkungan ini dinaikkan secara perlahan sampai batas kekuatan dari struktur tercapai. Beban-beban lingkungan yang digunakan pada umumnya adalah beban dalam kondisi ekstrim (Bomel, 2003). Struktur akan mempunyai nilai RSR yang berbeda-beda untuk setiap kondisi arah pembebanan sehingga nilai yang diambil adalah nilai RSR yang paling minim/kecil. Nilai RSR minimum untuk struktur jacket dalam pembebanan kondisi ekstrim adalah 0.8 untuk struktur tanpa personel dan 1.6 untuk struktur yang terdapat personel (API RP2A, 2002). Nilai RSR dapat dihitung berdasarkan :

$$RSR = \frac{\text{Beban pada saat struktur collapse}}{\text{Beban kondisi awal}} \quad (3.11)$$

$$RSR = \frac{P_{\text{awal}} + \text{Total } P_{\text{increment}}}{P_{\text{awal}}} \quad (3.12)$$

Dengan:

P_{awal} = P pada desain level

$P_{\text{increment}}$ = P pada analisa *pushover*

Selain perhitungan RSR perhitungan *system redundancy* (SR) adalah salah satu aspek untuk kriteria *assessment* suatu anjungan lepas pantai terpancang. SR

merupakan rasio beban saat struktur *collapse* dengan beban saat pertama kali terjadi kegagalan (Bomel, 2003)

perhitungan *system redundancy* menggunakan rumus:

$$SR = \frac{\text{Beban pada saat struktur collapse}}{\text{Beban pada saat 1 member collapse}} \quad (3.13)$$

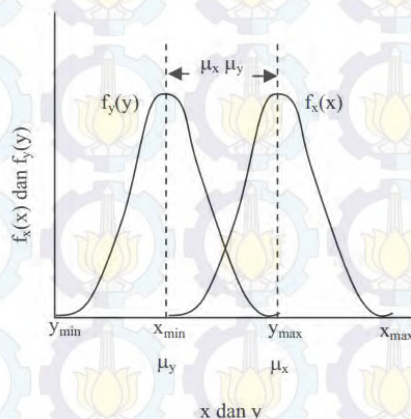
Salah satu kriteria dari *assessment* API RP 2A untuk *High Consequence* nilai RSR ≥ 1.6 dengan 85% beban lingkungan selama 100 tahun. Sedangkan untuk *Low Consequence* nilai RSR ≥ 0.8 dengan 50% dari beban lingkungan selama 100 tahun.

2.1.8 Keandalan Pada Sistem Rekayasa.

Sistem dari keandalan pada dasarnya dapat ditunjukkan sebagai problematika antara *Demand* (tuntutan atau beban) dan *Capacity* (kapasitas atau kekuatan). Secara tradisional didasarkan atas *safety factor* (angka keamanan) yang diperkenankan. Ukuran konvensional untuk angka keamanan adalah perbandingan antara asumsi nilai nominal kapasitas X^* , dan beban, Y^* , yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{X^*}{Y^*} \quad (3.14)$$

Mengingat nilai nominal dari kapasitas, X^* dan beban, Y^* tidak dapat ditentukan dengan pasti, fungsi-fungsi kapasitas dan beban perlu dinyatakan sebagai peluang sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5. Dengan demikian, angka keamanan dinyatakan dengan perbandingan $Z = X/Y$ dari dua variabel acak X dan Y .



Gambar 2.2. Fungsi Kerapatan Peluang (fkp) dari kapasitas X dan tuntutan Y (Rosyid, 2007)

2.1.9 Indeks Keandalan

Cara lain untuk mengukur keandalan adalah dengan cara menggunakan indeks keandalan β , yang didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai rata-rata dan nilai simpangan baku dari margin keselamatan, S , yaitu:

$$\beta = \frac{\mu_s}{\sigma_s} \quad (3.15)$$

Jika menggunakan nilai kritis margin keselamatan, $S = 0$, dan jaraknya dengan nilai rata-rata margin keamanan μ_s , maka indeks keandalan ini dapat diinterpretasikan sebagai jumlah kelipatan simpangan baku σ_s pada jarak ini. Artinya, jarak antara $S = 0$ dengan μ_s ini dapat dibagi menjadi beberapa simpangan baku. Semakin panjangnya, relatif terhadap simpangan baku, maka semakin besar indeks keandalannya. Selanjutnya, indeks keandalan juga berbanding terbalik dengan koefisien variasi margin keselamatan (V_s), atau dapat dituliskan $\beta = 1/V_s$ maka peluang kegagalan adalah:

$$P_f = 1 - \Phi(\beta) \quad (3.16)$$

Dan

$$K = \Phi(\beta) \quad (3.17)$$

2.1.10 Simulasi Monte Carlo

Unsur pokok yang diperlukan didalam simulasi *Monte Carlo* adalah sebuah *random number generator* (RNG). Hal ini karena, secara teknis, prinsip dasar metode simultan *Monte Carlo* sebenarnya adalah sampling numerik dengan bantuan RNG, dimana simulasi dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari perubah acak berdasarkan distribusi peluang perubah acak tersebut. Ini berarti, Simulasi *Monte Carlo* mensyaratkan bahwa distribusi peluang dari perubah acak yang terlibat di dalam sistem yang sedang dipelajari telah diketahui atau dapat diasumsikan. Sampel yang telah diambil tersebut dipakai sebagai masukan ke dalam persamaan fungsi kinerja $FK(x)$, dan harga $FK(x)$ kemudian dihitung. Untuk suatu fungsi kinerja tertentu, misalnya, setiap kali $FK(x) < 0$, maka sistem/komponen yang ditinjau dianggap gagal. Jika jumlah sampel tersebut adalah N (atau replikasi sejumlah N), maka dapat dicatat kejadian $FK(x) < 0$ sejumlah n kali. Dengan demikian, peluang kegagalan sistem/komponen yang sedang ditinjau adalah rasio

antara jumlah kejadian gagal dengan sampel atau replikasi, $P_g = n/N$.

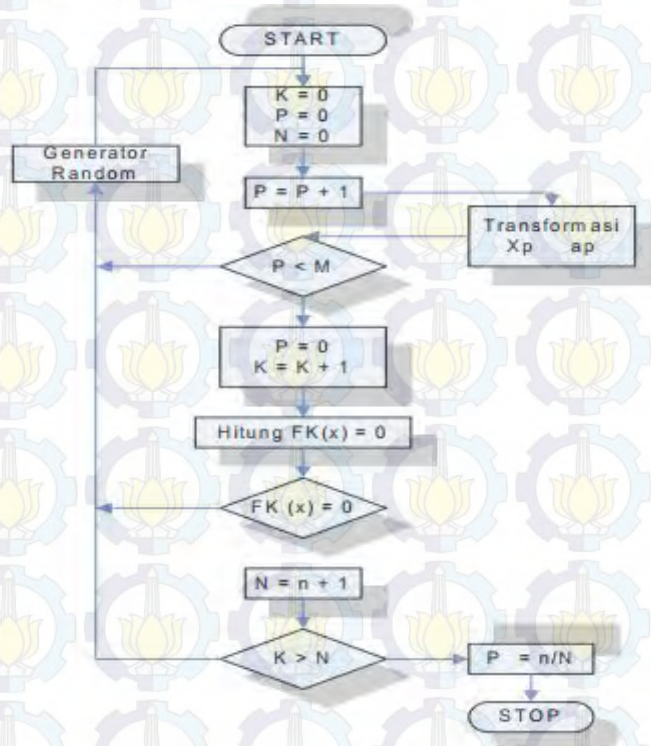
Persoalan utama di dalam simulasi Monte Carlo adalah bagaimana mentransformasikan angka acak yang dikeluarkan oleh random number generator (RNG) menjadi besaran fisis yang sesuai dengan fungsi kerapatan peluang (fkp)-nya. Ini disebabkan karena angka acak yang dikeluarkan oleh RNG memiliki fkp uniform, sedangkan perubah dasar dalam FK(x) seringkali tidak demikian (misal terdistribusi secara normal, lognormal, dan sebagainya). RNG biasanya ada dalam CPU komputer sebagai built-in computer program dalam bagian ROM-nya. RNG yang disediakan ini hampir selalu berbentuk linear congruential generator yang mengeluarkan suatu deretan bilangan cacah (integer) I_1, I_2, I_3, \dots , masing-masing antara 0 dan $m-1$ (mesebuah bilangan yang besar sekali) dengan menggunakan sebuah relasi rekurens berikut:

$$I_{j+1} = aI_j + C \pmod{m} \quad (3.18)$$

Dengan m disebut modulus, dan a serta C adalah bilangan cacah (integer) yang berturut-turut disebut sebagai pengganda dan inkremen. Relasi rekurens di atas akan berulang dengan periode yang lebih kecil dari m . Jika m, a, C , dipilih secara seksama, maka periode ulang yang terjadi akan memiliki panjang maksimum, yaitu m . Dalam hal itu, semua bilangan cacah (integer) antara 0 dan $m-1$ akan muncul, sehingga setiap pilihan “biji 10” akan menghasilkan deret yang secara statistik sama baiknya.

Semua angka acak a_p , $P = 1, 2, \dots, M$, dengan fkp uniform akan dikeluarkan oleh RNG untuk kemudian ditransformasikan menjadi X_P , $P = 1, 2, \dots, M$. Ini ditunjukkan dalam loop paling atas pada gambar 2.14. Transformasi a_P (bilangan acak) menjadi nilai X_P (perubah acak ke P) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan distribusi kumulatif dari masing-masing perubah acak. Ini berarti bahwa pada loop paling atas pada gambar tersebut terdapat prosedur transformasi ini, dan untuk setiap perubah acak dihitung sendiri-sendiri sesuai dengan distribusi peluangnya (atau fkp-nya). Jika bilangan acak telah ditransformasikan menjadi nilai dari perubah acak, $FK(x)$ kemudian dihitung, ini adalah kondisi

sukses (tidak gagal) dan eksperimen dilanjutkan; sedang apabila $FK(x) \geq 0$, maka ini adalah kondisi sukses (tidak gagal) dan eksperimen dilanjutkan; sedang apabila $FK(x) < 0$, maka ini dicatat dan simpan dalam n . Eksperimen ke k dilanjutkan sampai $K = N$, sesudah itu peluang kegagalan sistem/komponen dihitung sebagai n/N .

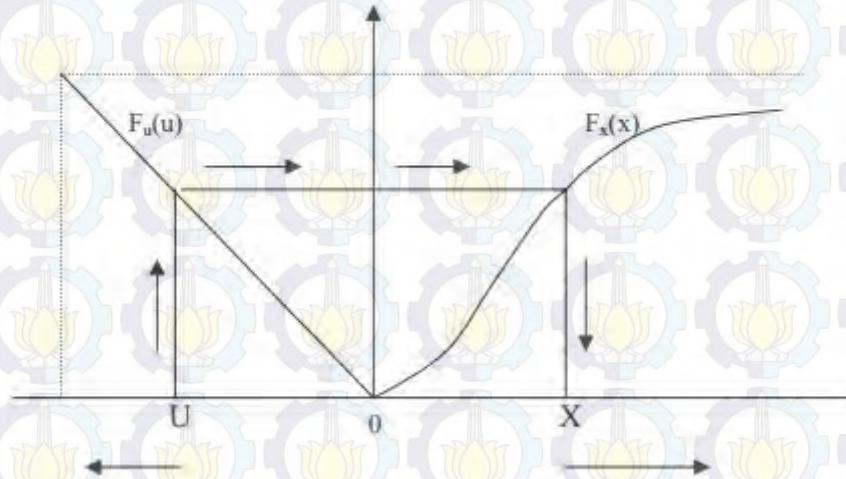


Gambar 2.3. Algoritma Untuk Simulasi Monte Carlo

Tranformasi bilangan acak menjadi nilai perubah acak juga dapat dilakukan secara numerik dengan prosedur intuitif berikut:

1. Untuk X_p dengan fungsi kerapatan peluang yang diketahui f_{kp} , bagilah rentang X_p menjadi I interval yang sama sepanjang dx .
2. Hitung luas tiap pias (ini akan menghasilkan peluang X_p memiliki harga dalam interval i , yaitu sebesar P_i) dengan mengalikan interval dx dengan tinggi f_{kp} pada X_i . Untuk setiap a_p , yang keluar dari RNG, maka a_p dibandingkan dengan batas nterval yang sesuai. Apabila $P_i < a_p < P_{i+1}$, maka a_p "dipahami" (ditransformasikan) sebagai X_i . Disamping itu, transformasikan daribilangan acak ke nilai perubah acak dapat dilakukan secara analitik, berdasarkan fungsi distribusi komulatif perubah acak tersebut. Oleh karena fungsi distribusi komulatif (f_{dk}) dari suatu perubah

acak X merupakan fungsi kontinyudan monotonik dari X , maka nilai $F_X(x)$ dapat dipakai sebagai alat transformasi dari nilai bilangan acak u menjadi nilai perubah acak, x , sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.4. Hubungan bilangan acak distribusi uniform dengan perubah acak X distribusi kumulatif $F_X(x)$ (Rosyid, 2007)

Sebagaimana ditunjukkan pada gambar diatas, oleh karena $u = g(x) = F_X(x)$ merupakan fungsi yang tidak memiliki elemen yang menurun (non-decreasing function), maka untuk sembarang nilai u diantara 0 dan 1, fungsi inverse $x = \xi(u)$ dapat didefinisikan sebagai nilai x terkecil yang memenuhi persamaan $F_X(x) \geq u$ (berdasarkan definisi quantil dalam fungsi distribusi kamulatif). Sehingga dapat didefinisikan bahwa nilai bilangan acak diambil sebagai nilai dari quantil, $u = F_X(x)$, sedemikian sehingga nilai perubah acak dapat ditentukan (setelah fungsi distribusi komulatifnya dipunyai).

2.1.11 Keandalan Sistem

2.1.11.1 Keandalan Sistem Seri

Dari aspek kegagalan, sebuah sistem dikatakan seri apabila kegagalan salah satu komponen penyusunnya sudah cukup untuk menyebabkan kegagalan sebagian atau keseluruhan sistem tersebut. Dari sudut keandalan, seluruh komponen harus berfungsi supaya sistem dapat berfungsi. Sistem seperti ini disebut juga weakest-link system. Sebuah mata rantai adalah contoh termudah dari sebuah sistem seri. Kegagalan satu mata rantai sudah cukup untuk menjadikan rantai tersebut tidak

berfungsi sama sekali. Secara grafis, sistem seri dapat dilihat dalam gambar 2.23 berikut ini :



Gambar 2.5. Representasi grafis sebuah sistem seri dengan n-komponen (Rosyid, 2007)

Untuk sistem dengan dua komponen seri masing-masing dengan peluang kesuksesan (keandalan) K_1 dan K_2 , keandalan system tersebut adalah $K_S = K_1 \cdot K_2$. Apabila sistem tersebut tersusun n-komponen secara seri, maka keandalan sistemnya adalah :

$$K_S = K_1 K_2 \dots K_n \quad (3.19)$$

Dengan memperhatikan persamaan diatas, maka dapat dipahami bahwa semakin banyak komponen dalam sebuah sistem seri, keandalan sistem itu menurun.

2.1.11.2 Keandalan Sistem Paralel

Dari aspek kegagalan, bila sebuah sistem memerlukan kegagalan seluruh komponen penyusunnya untuk tidak berfungsi sama sekali, maka sistem ini disebut sistem paralel. Dari segi keandalan, maka sistem seperti ini hanya memerlukan satu komponen penyusunnya yang berfungsi agar sistem keseluruhan tetap berfungsi. Reliability Block Diagram (RBD) untuk system yang fully-redundant seperti ini ditunjukkan oleh gambar 2.17. Bila kegagalan komponen dapat dianggap s-independent, maka peluang kegagalan sistem paralel aktif ini adalah:

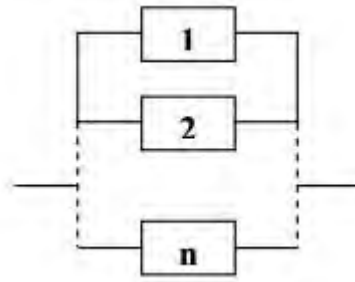
$$F_S = F_1 F_2 \dots F_n \quad (3.20)$$

Atau, bila dinyatakan dalam keandalan komponennya

$$F_S = (1 - K_1) \cdot (1 - K_2) \dots \cdot (1 - K_n) \quad (3.21)$$

Maka keandalan sistemnya adalah:

$$K_S = 1 - [(1 - K_1) \cdot (1 - K_2) \dots \cdot (1 - K_n)] \quad (3.22)$$



Gambar 2.6. RBD sistem paralel aktif dengan n-komponen (Rosyid, 2007)

Agaknya lebih mudah untuk dipahami bahwa secara prinsip paralelisasi akan meningkatkan keandalan sistem. Namun demikian dapat dilihat pada strategi paralelisasi, bahwa peningkatan keandalan paling tinggi diperoleh pada penambahan satu komponen pertama. Setelah itu, penambahan komponen ketiga dan selanjutnya tidak akan meningkatkan keandalan sistem secara mencolok sebagaimana pada penambahan pertama.

2.1.12 Penilaian Risiko (Risk Assessment)

Risiko adalah hasil dari frekuensi dengan kejadian tidak diinginkan yang diantisipasi untuk terjadi dengan konsekuensi dari hasil kejadian. Analisa risiko adalah proses pemahaman sesuatu yang tidak diinginkan dapat terjadi, bagaimana kemungkinannya untuk terjadi, dan separah apa akibatnya apabila terjadi. Penilaian risiko termasuk analisa risiko, tetapi juga termasuk proses dengan hasil dari analisa risiko yang dipertimbangkan terhadap keputusan, standart atau kriteria.

Dasar penilaian risiko dapat dilakukan pada awal tahap desain, seperti konsep desain, atau sesudahnya. Penilaian risiko untuk konsep desain berpeluang untuk memberikan pandangan pada tipe, jumlah dan besar risiko digabungkan dengan konsep desain. Informasi ini akan memperkenalkan investigasi pilihan desain risiko yang lebih rendah sebelum banyak usaha yang telah ditujukan untuk menyempurnakan desain. Dalam beberapa kasus pengujian desain yang telah lolos penilaian risiko dalam tahap konsep akan memerlukan penilaian risiko yang lain seiring sampai pada tahap desain yang rumit dan lengkap (ABS, 2003).

Risiko didefinisikan sebagai hasil dengan kejadian yang diantisipasi terjadi dan konsekuensi dari kejadian. Dalam lingkup matematika, risiko dapat dihitung dengan menggunakan rumus (ABS, 2003):

$$\text{Risk} = \text{Frequency} \times \text{Consequence} \quad (3.23)$$

2.1.13 HAZID (*Hazard Identification Analysis*)

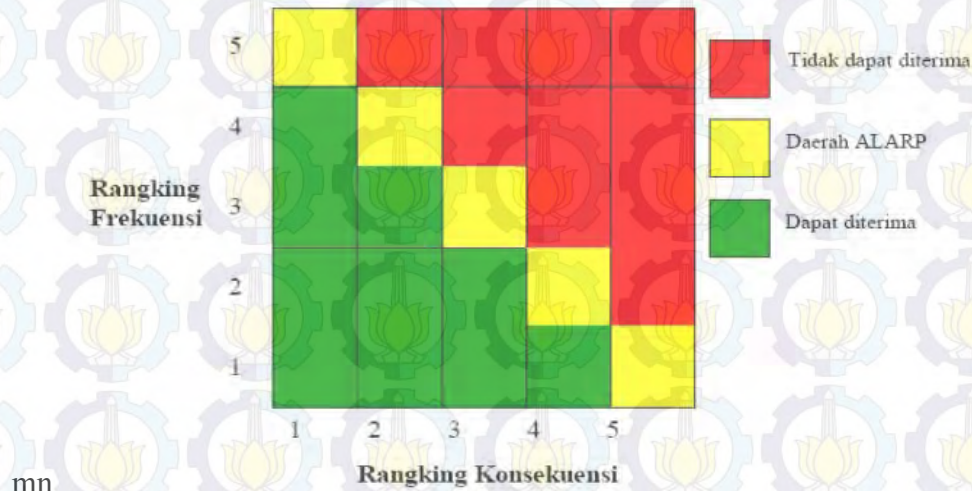
HAZID digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi bahaya ketika prosedur operasi sudah dilakukan dan merupakan sebuah teknik yang berguna untuk mengungkapkan kelemahan pada perancangan dan prosedur rinci operasi lepas pantai. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi bahaya lebih awal dalam sebuah proyek yang sedang dilakukan pada tahap konseptual dan bagian *engineering*. HAZID dapat dilakukan bersamaan dengan studi *pre-screening* dan mungkin teknik yang berguna untuk mengungkapkan kelemahan pada perancangan dan untuk menentukan konsep dan metode operasi lepas pantai. Metode ini juga digunakan sebagai alat untuk menilai potensi resiko dari operasi.

Tujuan dari HAZID adalah untuk mengevaluasi bahaya lebih awal dalam proyek pada tahap konseptual dan bagian awal *engineering* atau pada tahap proyek selanjutnya. Identifikasi bahaya pada tahap awal membantu dalam pemilihan prosedur atau perancangan yang paling menguntungkan. Proses yang biasanya diadopsi adalah, pertama untuk mengidentifikasi semua konsekuensi yang tidak diinginkan yang mungkin dapat terjadi dan kemudian mengidentifikasi bahaya yang akan menyebabkan konsekuensi. Prinsip (*As Low As Reasonably Practicable*) ALARP harus sebisa mungkin dilaksanakan (DnV, 2003).

2.1.14 Matriks Resiko

Kriteria penerimaan untuk memutuskan persamaan dari tujuan desain harus diadakan. Kriteria penerimaan harus dapat diaplikasikan pada evaluasi matrik yang telah dipilih. Jika ukuran digunakan untuk evaluasi matrik, pada tahap ini, matrik risiko dengan kriteria penerimaan yang akan digunakan. Dengan pilihan, untuk perbandingan penilaian, kriteria penerimaan dapat didasarkan pada

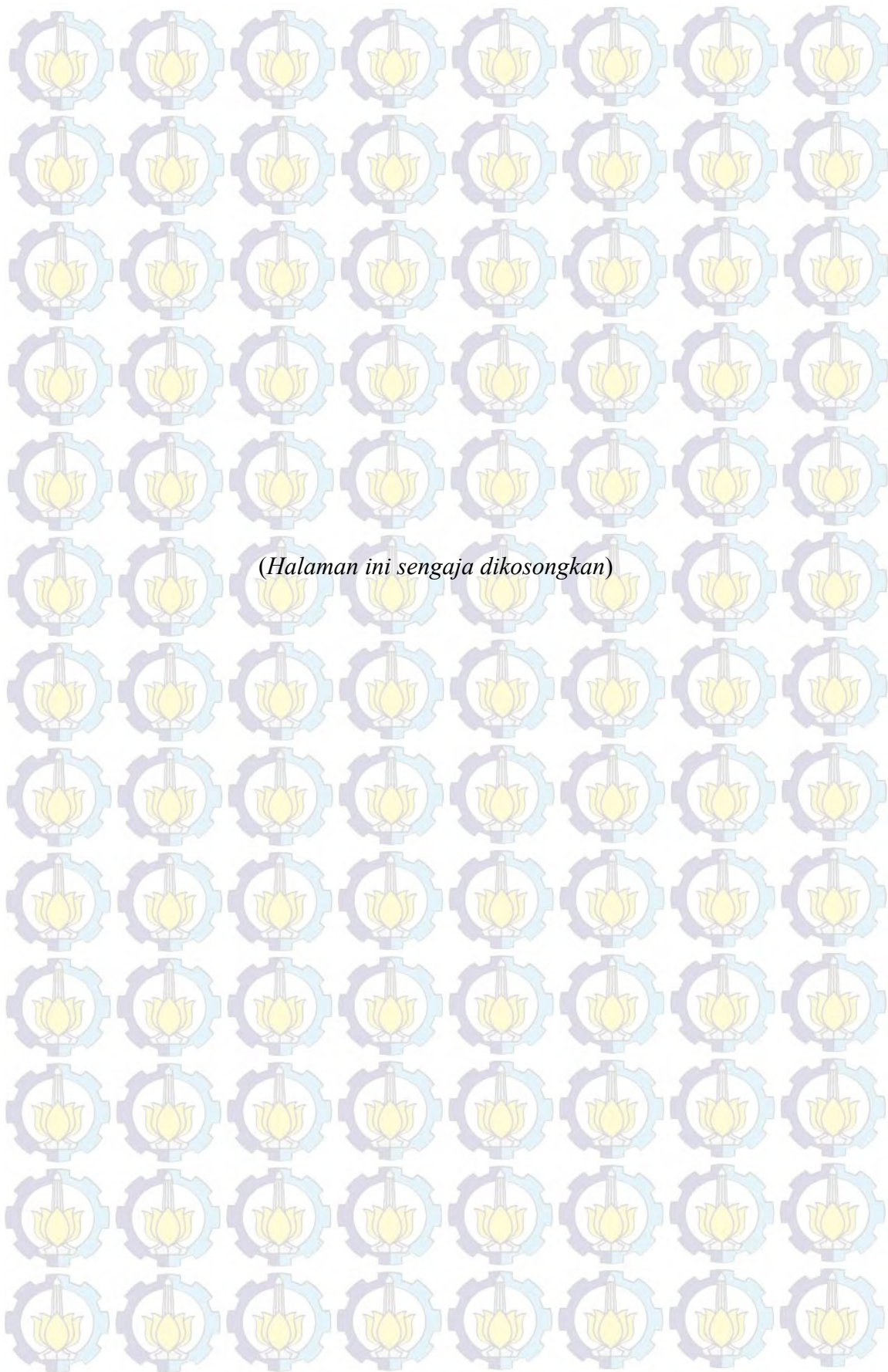
konsekuensi atau hanya pada frekuensi saja. Dibawah ini merupakan gambar matrik risiko yang digunakan untuk menentukan kriteria penerimaan



Gambar 2.7. Contoh Matriks Risiko

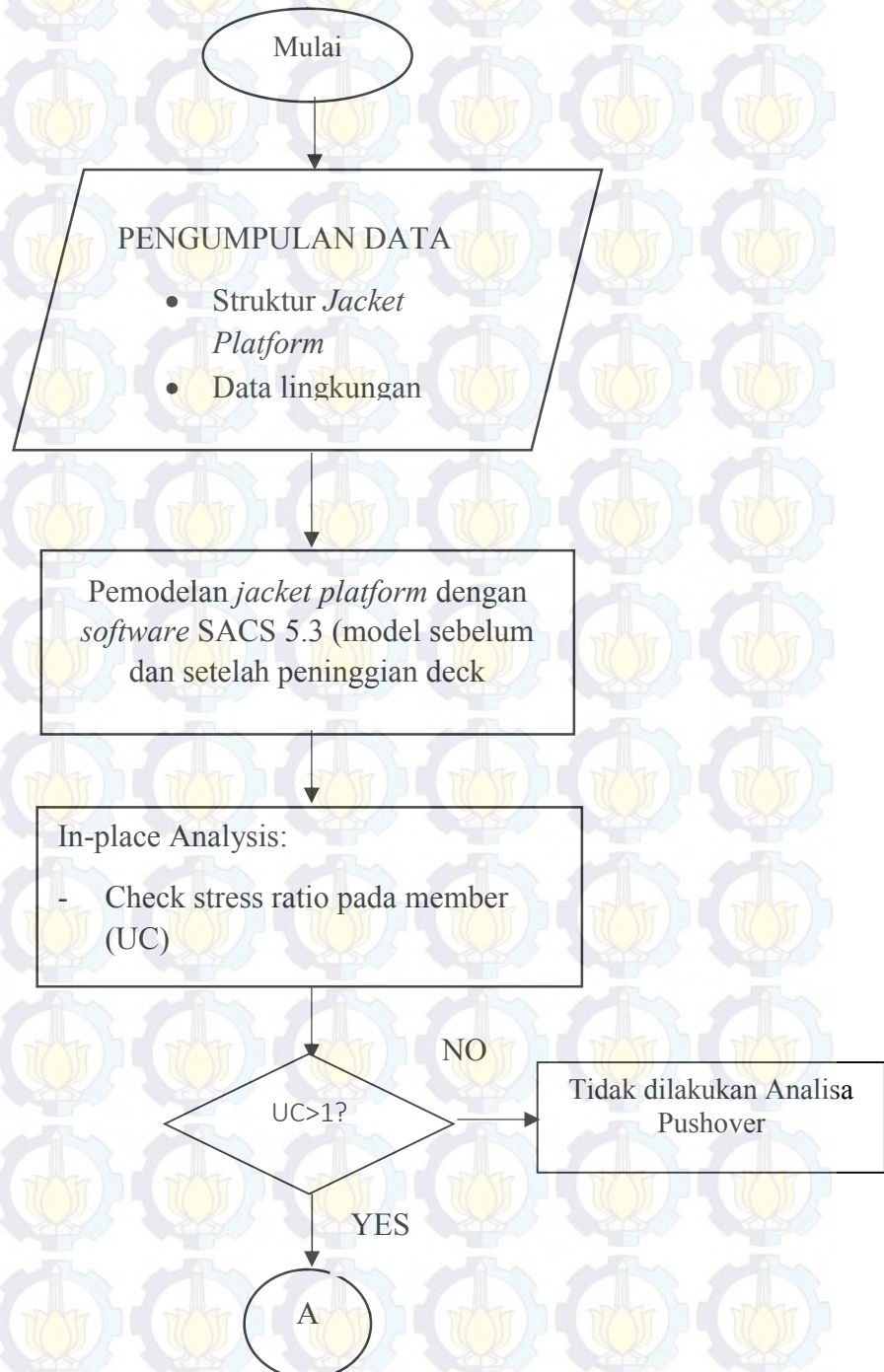
Mitigasi adalah tindakan yang dilakukan untuk meminimumkan konsekuensi akibat dari kegagalan struktur. Jika estimasi risiko diatas kriteria yang dapat diterima maka mitigasi dapat dilakukan dengan cara :

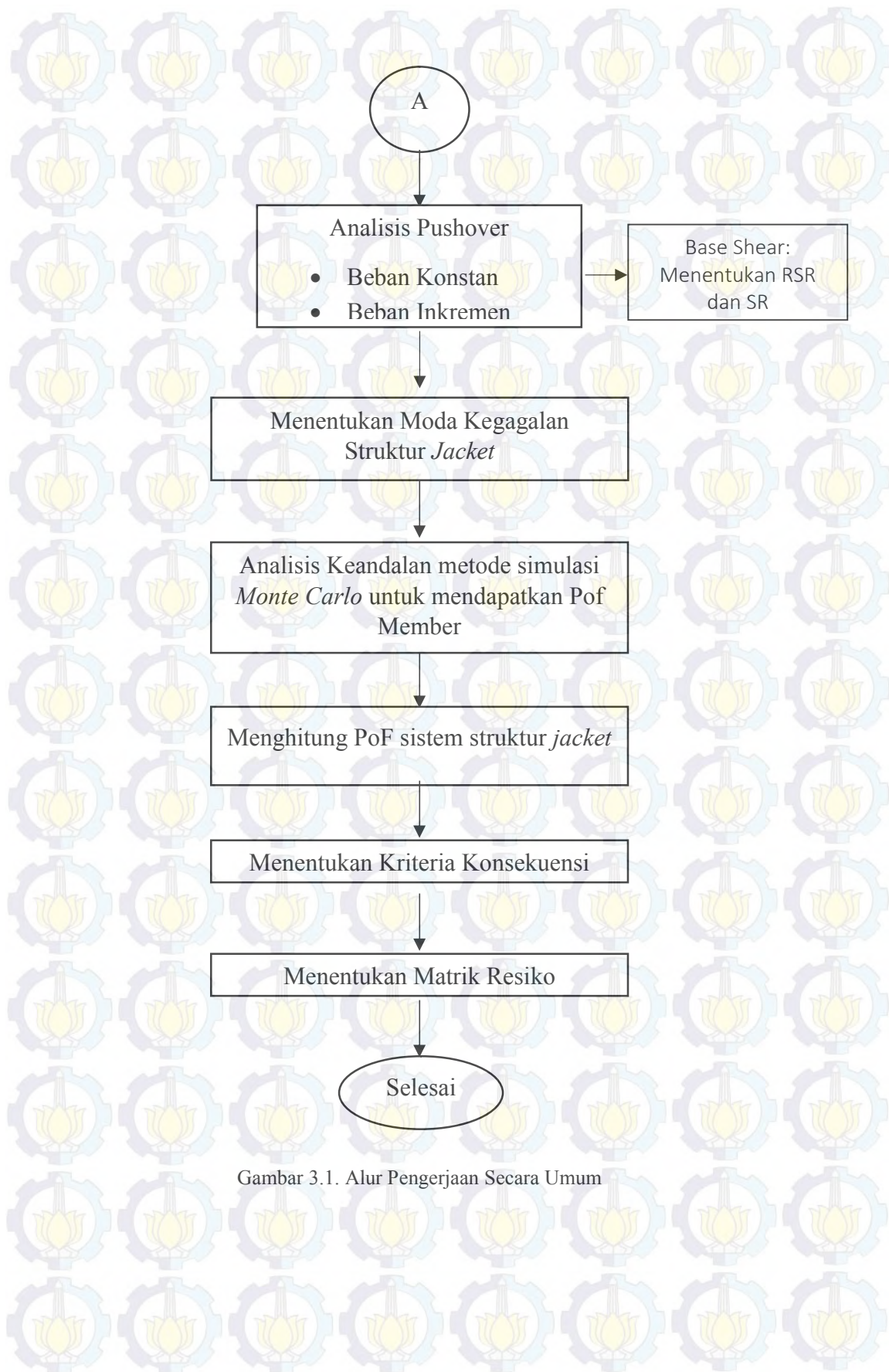
1. Pengurangan frekuensi kejadian
2. Pengurangan konsekuensi kejadian
3. Kombinasi cara 1 dan 2



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Umum





Gambar 3.1. Alur Pengerjaan Secara Umum

3.2 Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini, adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Data-data yang diperlukan adalah data struktur (*equipment*, geometri, *properties material*, dll), data-data lingkungan (kedalaman, pasang surut, gelombang, dll), serta beban (beban hidup, beban mati, beban lingkungan). Kemudian data-data tersebut dianalisa dan dimasukkan dalam pemodelan struktur.

2. Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan *software* SACS 5.3.

Pemodelan struktur *jacket* digunakan untuk *inplace analysis*, *pushover analysis*, dan analisa keruntuhan..

3. Perhitungan beban lingkungan yaitu gelombang

Perhitungan beban gelombang dihitung dengan menggunakan bantuan *software* SACS 5.3 yang berdasarkan pada teori Morisson. Untuk *input* perhitungan gelombang dibutuhkan arah datang gelombang, tinggi gelombang dan periode gelombang.

4. *In-place Analysis*

Analisa *Inplace* adalah analisa statis dari *fixed structure*. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan UC (*Unity Check*) yang memenuhi kriteria dari API RP-2A. Ada beberapa hal yang perlu dilakukan untuk pengecekan UC, yaitu:

- a. Mengecek *stress* pada *member*.
- b. Mengecek *stress* pada *pile*.

5. Analisa keruntuhan struktur

Analisa keruntuhan struktur dengan metode *pushover Analysis* merupakan analisa statis nonlinier. Analisa ini dilakukan dengan menentukan dan menaikkan beban sehingga dapat diketahui besar *ultimate strength* suatu struktur, dalam penelitian ini beban yang dinaikkan adalah beban gelombang.

6. Menentukan RSR dan SR

Setelah dilakukan *pushover analysis* akan didapatkan *output force* dan *moment* yang terjadi pada *member* yang *failure*. *Output force* berupa *base*

shear dari hasil analisa ini akan dijadikan sebagai parameter untuk mencari nilai RSR dan SR.

7. Melakukan Analisis keandalan dengan simulasi *Monte Carlo*

Analisis keandalan dengan simulasi *Monte Carlo* bertujuan untuk mendapatkan nilai *Probability of Failure (PoF)* .

8. Melakukan Analisis Resiko

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Struktur

Struktur yang digunakan sebagai studi kasus tugas akhir ini adalah L-COM *platform* milik PHE (Pertamina Hulu Energi) yang beroperasi di Lima *Flow Station Block*. Dengan masa *service life* selama 13 tahun dan *design life* selama 65 tahun. Spesifikasi dari L-COM *platform* ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis Struktur : *Jacket Platform*
2. Lokasi : Latitude 05° 53' 42" S, Longitude 107° 29' 31,13" E
3. Jumlah Dek : 3 dek
4. Dek : *Main dek, Cellar dek, dan Uper Dek*
5. Jumlah kaki : 4 kaki

3.3.2 Data Clamp

L-COM *platform* milik PHE (Pertamina Hulu Energi) mengalami *subsidence* sehingga dilakukan peninggian dek. Caranya yaitu dengan memotong dek *leg* dan meninggikannya menggunakan *jack-up* dengan memasang *clamp* pada daerah kosong dibagian bawah dek *leg* tersebut.

Ada 4 lapisan pada sambungan *clamp*, yaitu:

- a. Dek *Leg Bushing* (lapisan *clamp* yang menyambungkan *clamp* dengan dek *leg*)
- b. *Padeyes Sleeve* (lapisan *clamp* setelah dek *leg bushing*)
- c. *Inner Sleeve* (lapisan *clamp* sebelum *Outer Sleeve*)
- d. *Outer Sleeve* (lapisan *clamp* paling luar)

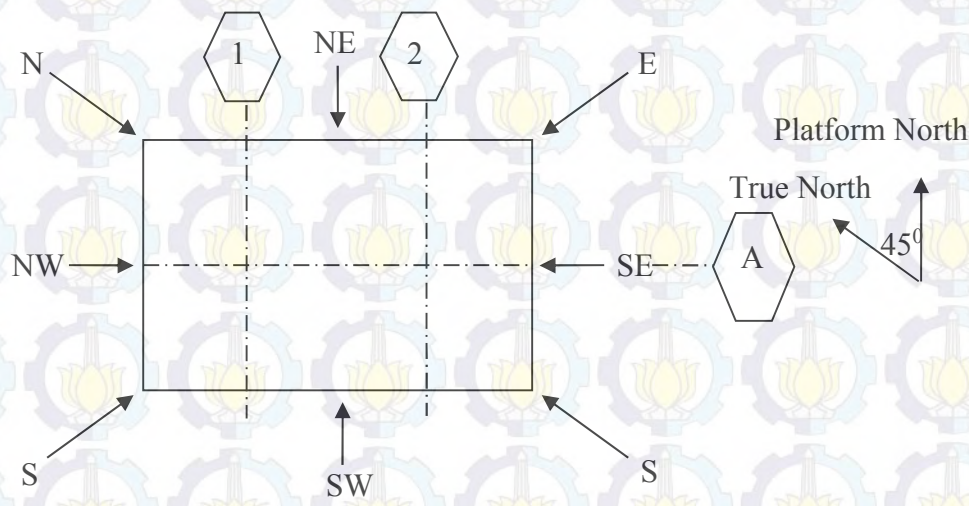
Material *clamp* mempunyai *yield strength* 36 ksi, dan *ultimate strength* 58 ksi.

3.3.3 Data Lingkungan

Kondisi lingkungan dimana L-COM *platform* beroperasi sangat penting dan berpengaruh pada kinerja struktur tersebut. Data lingkungan di perairan laut Jawa Barat tempat beroperasinya L-COM *platform* ini adalah sebagai berikut:

✓ **Orientasi platform**

Arah utara dari L-COM *platform* adalah 45° arah timur dari *true north* (arah kompas).



Gambar 3.2. Arah orientasi platform

✓ **Data Gelombang**

Data gelombang dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Data gelombang (L-COM Draft Report Rev. C)

| Returns Periods | Maximum Wave Height (ft) | Period (sec) |
|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| 1 year return operating | 13.45 | 6.4 |
| 100 years return storm | 21.65 | 7.6 |

✓ **Data Arus**

Data arus dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Data arus (L-COM Draft Report Rev. C)

| Percentage Water Depth above mud-line | 1-Year Return Storm Current Velocity (Ft/Sec) | 100-Year Return Storm Current Velocity (Ft/Sec) |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0 | 2.59 (0.75 m/s) | 4.00 (1.22 m/s) |
| 10 | 2.26 (0.69 m/s) | 3.28 (1.00 m/s) |
| 20 | 2 (0.61 m/s) | 2.76 (0.84 m/s) |
| 30 | 1.8 (0.55 m/s) | 2.36 (0.72 m/s) |
| 40 | 1.67 (0.51 m/s) | 2.07 (0.63 m/s) |
| 50 | 1.57 (0.48 m/s) | 1.87 (0.57 m/s) |
| 60 | 1.51 (0.46 m/s) | 1.71 (0.52 m/s) |
| 70 | 1.44 (0.44 m/s) | 1.61 (0.49 m/s) |
| 80 | 1.41 (0.43 m/s) | 1.51 (0.46 m/s) |
| 90 | 1.38 (0.42 m/s) | 1.48 (0.45 m/s) |
| 100 | 1.38 (0.42 m/s) | 1.41 (0.43 m/s) |

✓ Data Angin

Data angin dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Data angin (L-COM Draft Report Rev. C)

| Condition | velocity |
|-----------|----------|
| | MPh |
| Operating | 38.92 |
| Storm | 51.90 |

✓ Marine Growth

Marine growth ada pada semua member dibawah MSL. Ketebalan marine growth adalah 3.5” dan dianggap konstan pada semua elevasi.

✓ Kedalaman

Kedalaman dapat dilihat pada table 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4 Kedalaman (L-COM Draft Report Rev. C)

| Description | Return Periods | |
|--------------------------------------|----------------|-----------|
| | 1 Year | 100 Years |
| MSL (ft) | 102.88 | 102.88 |
| Highest Astronomical Tide (HAT) (ft) | 2.62 | 2.62 |
| Storm Surge (ft) | 0.59 | 1.02 |
| Maximum Water Depth (ft) | 106.09 | 106.52 |

✓ Koefisien Hidrodinamis

Koefisien hidrodinamis merujuk pada API RP-2A.

$C_d = 0.65$, $C_m = 1.6$ members without marine growth

$C_d = 1.05$, $C_m = 1.2$ members with marine growth

$C_d = 2.0$ Flat Plates

✓ Current Blockage Factors

Koefisien hidrodinamis merujuk pada API RP-2A.

End-on 0.80

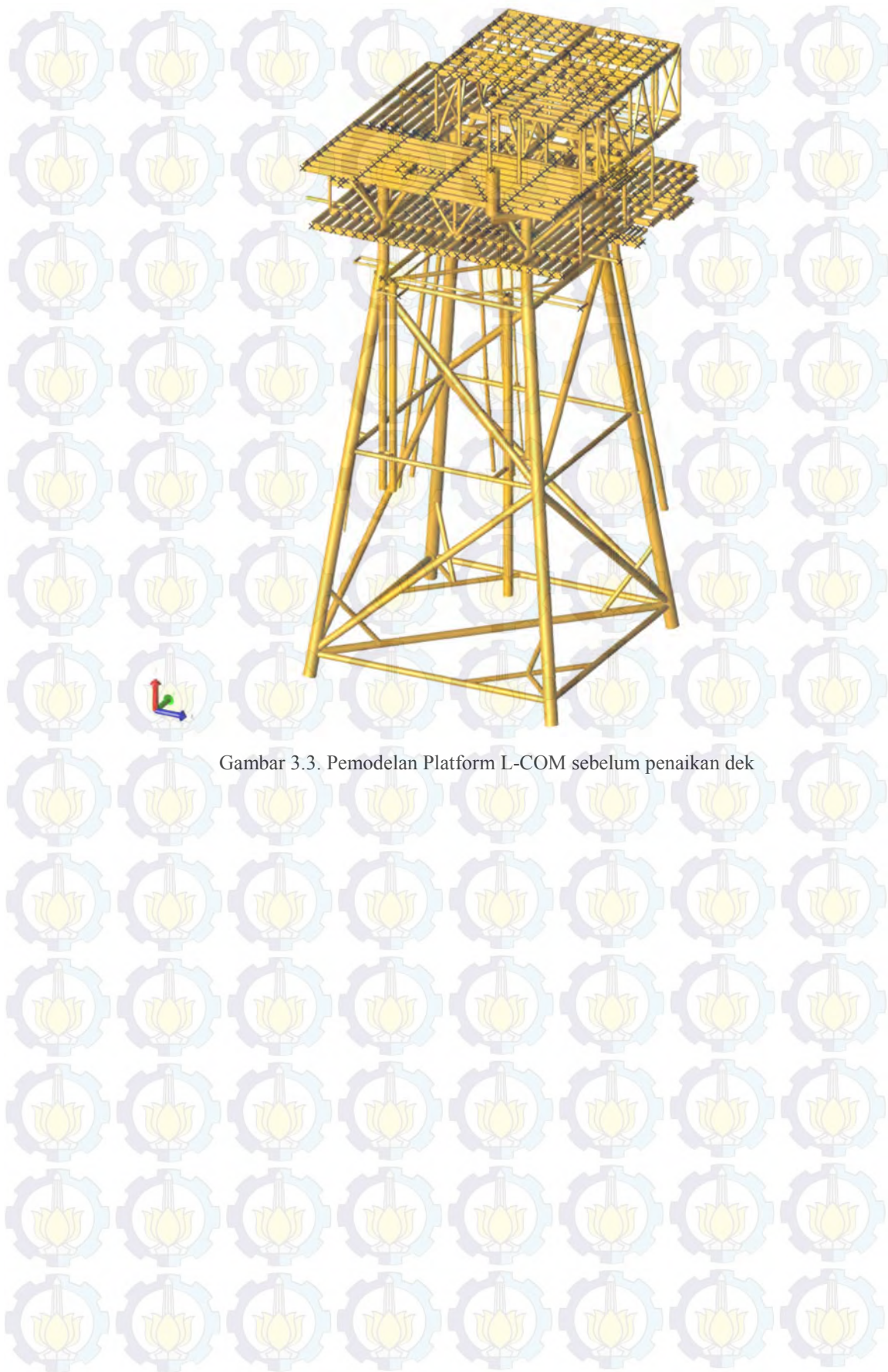
Diagonal 0.85

Broadside 0.80

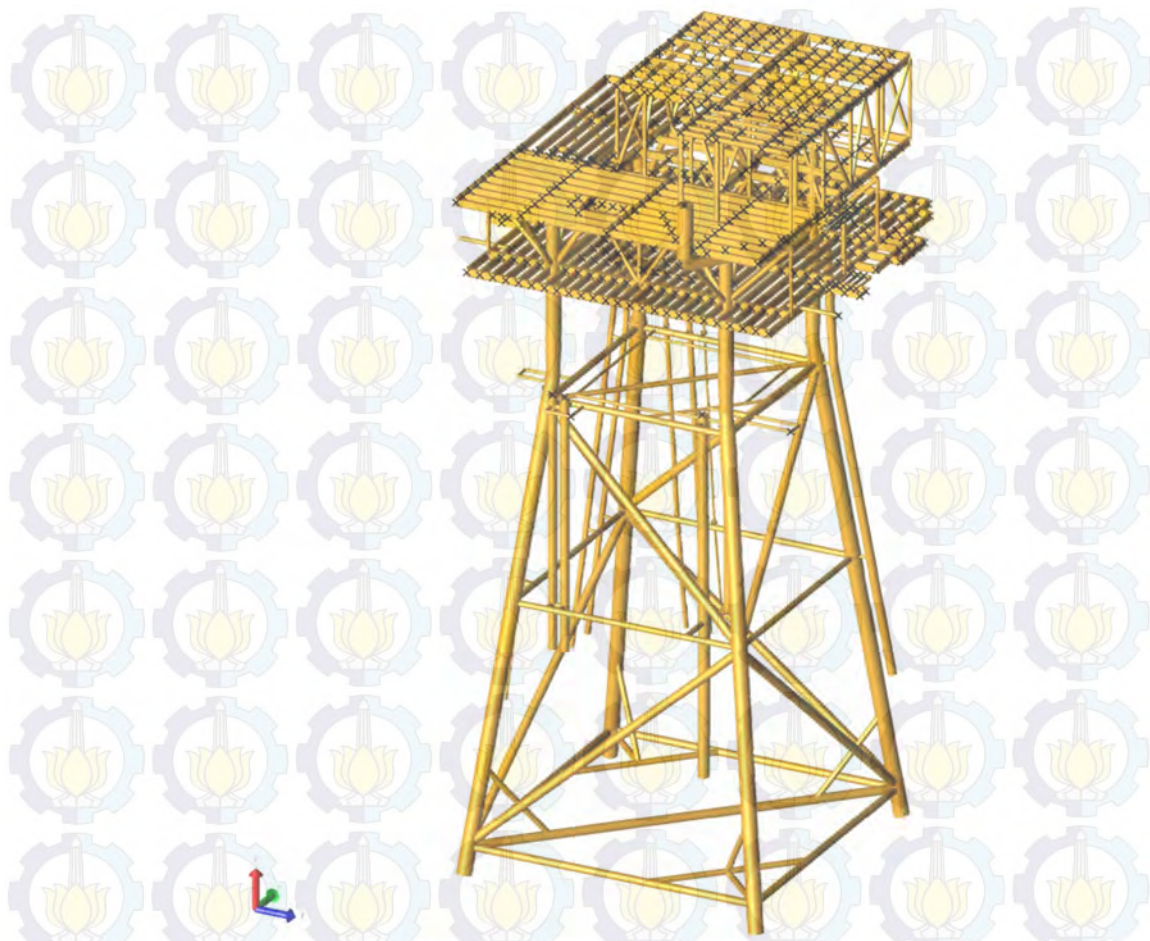
3.4 Pemodelan Struktur

3.4.1 Pemodelan Jacket

Pemodelan L-COM *platform* menggunakan *software* SACS 5.3. *Software* ini merupakan salah satu *software* struktur yang berbasis FEM (*Finite Element Method*). Struktur ini dimodelkan sesuai dengan data gambar yang ada. Pada pemodelan ini *topside* dimodelkan dengan *member-member* utamanya saja. Pada tugas akhir ini tidak menganalisa *pile*, maka *pile* dapat dimodelkan menggunakan *dummy pile*.



Gambar 3.3. Pemodelan Platform L-COM sebelum penaikan dek



Gambar 3.4. Pemodelan Platform L-COM setelah penaikan dek

3.5 Pemodelan Beban

3.5.1 Pemodelan Beban Vertikal Pada Dek (Payload)

Pemodelan beban vertikal pada dek yang diberikan merupakan berat dek itu sendiri, ditambah dengan berat peralatan diatas dek tersebut. Beban yang dipakai untuk analisa *pushover* ini adalah beban pada kondisi badai. Beban vertikal yang bekerja pada dek adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5 Beban Payload

| ID | Description | Units | Value |
|-----|------------------------------------------|-------|---------|
| 1 | Self weight | Kips | 1116.57 |
| 11 | Bridge reaction | Kips | 44.15 |
| 20 | Switchgear room, control room, dog house | Kips | 15.27 |
| 101 | Leg protection, mudmat | Kips | 51.37 |

| ID | Description | Units | Value |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|
| 102 | Upper dek plate, main dek plate, cellar dek plate, stairs | Kips | 153.34 |
| 121 | Compressor utilities a, compressor utilities b, starting air tank, ko drum, jib crane, slug catcher, turbo lube 45 tank | Kips | 264.67 |
| 122 | Gas engine generator, fire pump, jockey pump, wilden pump, auto sphere receiver, smart pig launch/recv, slug catcher 30, slug catcher 40, smart pig launch/recv, air comp pack, diesel engine generator, oily water sump, hvac | Kips | 123.12 |
| 123 | Fuel gas filter, fuel gas scrubber Ko drum, recycle scrubber, intercooler, fuel, gas heater, stage suction scrubber, aftercooler, compressor suction drum, gas/sea exchanger, gas/liquid exchanger, residue gas separator | Kips | 232.26 |
| 141 | Main dek - piping operating load | Kips | 329.15 |
| 142 | Cellar dek - piping operating load | Kips | 374.67 |
| 143 | Upper dek - piping operating load | Kips | 375.60 |
| 151 | Electrical & instrumentation load – main dek | Kips | 11.51 |
| 152 | Electrical & instrumentation load – cellar dek | Kips | 23.87 |
| 153 | Electrical & instrumentation load – upper dek | Kips | 3.41 |
| 159 | Crane selfweight load | Kips | 51.1 |
| 160 | Design crane axial operating load | Kips | 30 |
| 161 | Design crane axial operating moment (mx) | Kips.in | 7200 |
| 162 | Design crane axial operating moment (-my) | Kips.in | 7200 |
| 201 | Live load main dek | Kips | 244.46 |
| 202 | Live load cellar dek | Kips | 268.62 |
| 203 | Live load sub cellar dek | Kips | 60.14 |

3.5.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan dapat dilihat pada lampiran 1

3.5.3 Pemodelan Beban Untuk Analisa *Pushover*

Beban pada analisa *pushover* ini dibedakan menjadi dua jenis pembebanan, yaitu beban *payload* dan beban *lateral*. Beban *payload* terdiri dari beban pada dek, *self weight*, dan *live load*. Sedangkan beban *lateral* terdiri dari beban gelombang, angin, dan arus. Dalam tugas akhir ini beban *lateral* yang dimaksud adalah gelombang dan arus, sedangkan

angin digolongkan sebagai beban *payload*. Beban *payload* dijadikan sebagai beban konstan, sedangkan beban *lateral* dinaikkan.

3.6 Analisa Statis Non-linier Pushover

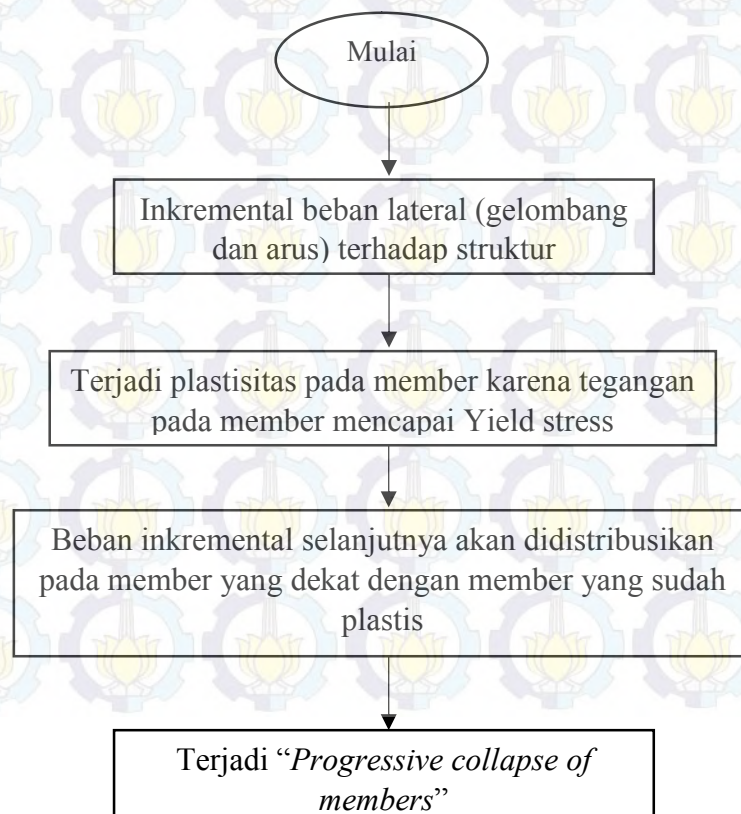
Setelah dilakukan analisa statis *in-place* maka dilanjutkan ke analisa statis *non-linear pushover*. Berikut ini adalah contoh *input* data untuk analisa *pushover* dengan SACS 5.3.

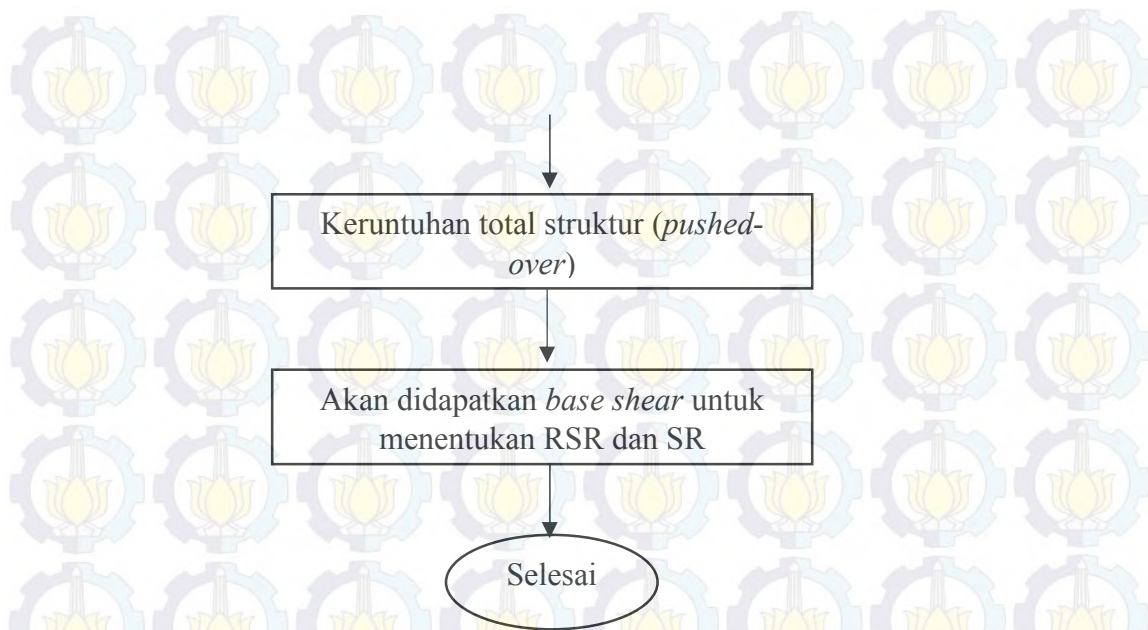
```

D:\Backups\Backup Perkuliahan\Pushover\After deck-raising\0\clpinp.collapse2
CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT PIRIMIMP SMMSPW
LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.
LDSEQ COBA 601 50 1. 30.
GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END
  
```

Gambar 3.5. Collapse Input

Berikut ini merupakan langkah – langkah dalam analisa *pushover* dengan bantuan *software* SACS 5.3





Gambar 3.6. Alur Proses Analisa *Pushover*

Keterangan:

- *Collapse Option*, yaitu *input* yang berisi tentang *input collapse analysis* meliputi:
 - *Maximum Iteration Per Load Increment*, yaitu *input* yang berisi tentang perintah *looping* iterasi tiap *load increment*. Dalam tugas akhir ini diambil contoh yaitu 50 kali iterasi.
 - *Number of Member Segments*, yaitu *input* yang berisi perintah pembagian *segmen* dalam satu *member* untuk diketahui rasio plastisitasnya dari 0-100%, dalam tugas akhir ini diambil contoh pembagian *segmen* analisis *member* dibagi menjadi 8 *segmen*.
 - *Deflection Tolerance*, yaitu *input* yang diberikan untuk menentukan toleransi defleksi dari tiap *increment*, nilai defaultnya 0.1 inch.
 - *Rotation Tolerance*, yaitu *input* yang diberikan untuk menentukan toleransi rotasi dari elemen tubular, nilai defaultnya 0.001 radian.
 - *Collapse Deflection*, yaitu *input* yang diberikan untuk menentukan *input* maksimum defleksi yang diijinkan sebelum struktur tersebut *collapse*, nilai defaultnya adalah 100 inchi.

- *Load Sequence*, yaitu *input* yang berisi urutan pengelompokkan beban. *Input* ini berfungsi untuk men-*generate* antara *payload* dan *increment load*. Beban yang dinaikkan dalam tugas akhir ini adalah beban lateral berupa gelombang dan arus dengan *number of increments* sebanyak 50 kali dan *load factor* antara 1-30.
- *Elastic Member Group*, yaitu *input* yang berguna untuk mengelompokkan member mana saja yang dimodelkan sebagai member elastis. Dalam tugas akhir ini yang dianalisa adalah struktur *jacket*, sehingga yang dimodelkan sebagai member plastis adalah bagian *jacket leg* dan *brace*. Untuk member – member selebihnya dimodelkan sebagai member elastis.

3.7 Menentukan RSR

RSR Berdasarkan kriteria ULS menurut Bomel. Ltd (2001) perhitungan didasarkan pada asumsi sebagai berikut:

- Kegagalan struktural disebabkan oleh kegagalan salah satu member.
- Moda kegagalan yang menyebabkan kegagalan system melibatkan *structural member* lainnya (katastropis).
- Efek Pondasi tidak berpengaruh signifikan terhadap moda kegagalan.

Setelah dilakukan proses *running* pemodelan *Full Plastic Collapse Analysis* pada software SACS 5.3 akan didapatkan output *force* dan moment pada tiap – tiap member plastis. Output *force* dari hasil analisis ini akan dijadikan parameter perhitungan nilai RSR sebagaimana sudah dijelaskan pada Bab II.

3.8 Moda Kegagalan

Pada tugas akhir ini moda kegagalan struktur ditinjau dari kombinasi beban aksial dan bending moment yang terjadi saat struktur L-COM kolaps dengan kombinasi beban aksial dan bending moment pada *design level*. Persamaan untuk kegagalan berdasarkan pada program SACS 5.3 yaitu berdasarkan API RP 2A LRFD yang ditulis sebagai berikut:

$$MK = 1 - \cos\left\{\frac{\pi}{2} \left| \frac{P}{P_n} \right| \right\} + \frac{\sqrt{My^2 + Mz^2}}{M_p} \quad (3.1)$$

Keterangan :

P : *Axial load* pada elemen member, dalam satuan unit *force* (Kips)

P_n : *Ultimate axial capacity*, dalam satuan unit *force* (Kips)

M_y : Bending moment pada elemen member arah sumbu-y, dalam satuan unit moment (Kips in)

M_z : Bending moment pada elemen member arah sumbu-z, dalam satuan unit moment (Kips in)

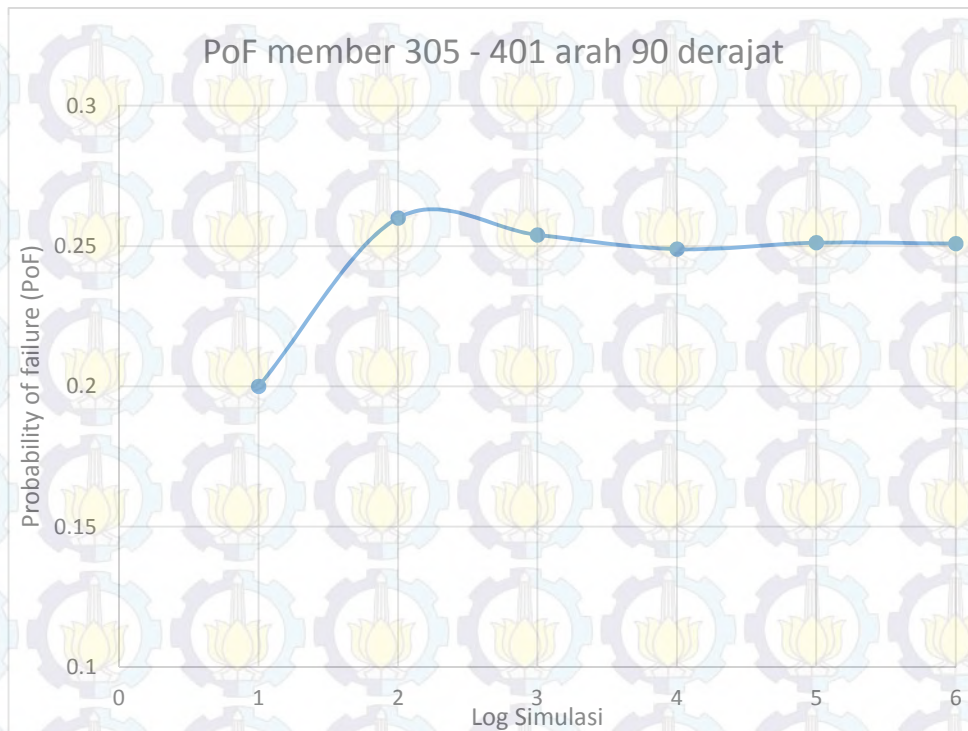
M_p : *Plastic bending moment* pada elemen member, dalam satuan unit moment (Kips in)

Dimana komponen P dan M merupakan dijadikan variabel acak dan disimulasikan dengan *men-generate Random Number Generator (RNG)*.

3.9 Analisis Keandalan Struktur

Menurut Harinaldi (2005), pada umumnya struktur baja menggunakan distribusi lognormal untuk beban dan distribusi normal untuk kapasitas. Nilai *Coefficient of Varians (CoV)* untuk kondisi *ultimate* adalah $CoV=0.15$, sedangkan untuk design level $CoV=0.3$ (Ghosn dan Moses, 1986).

Pada analisis keandalan struktur, variabel acak dari persamaan moda kegagalan akan dianalisis dengan menggunakan simulasi *monte carlo* dengan RNG. Simulasi ini dilakukan dengan iterasi 100.000 kali guna mendapatkan hasil yang akurat. Berikut ini merupakan hasil eksperimen hasil perhitungan *monte carlo* dengan jumlah iterasi 10, 100, 1000, 10000, 100000, dan 10000000 untuk member 305-401 pada arah pembebanan 90 derajat:



Gambar 3.7. Kurva hasil Simulasi *Monte Carlo* Pada Member 405-401

Berdasarkan gambar kurva diatas, nilai PoF mulai konstan pada simulasi dengan iterasi 100000 hingga iterasi 1000000. Maka dengan demikian dipilih iterasi 100000 untuk hasil yang akurat dan efisien.

3.10 Konsekuensi Kegagalan

Menurut API RP 2A (2002), struktur dapat dikategorikan dengan kategori untuk keamanan dan keselamatan dengan tingkatan tertentu, diikuti dengan kategori untuk konsekuensi kegagalan.

- Kategori untuk keamanan dan keselamatan
 - L-1 : adanya personel tanpa evakuasi (*manned non evacuated*)
 - L-2 : adanya personel dengan evakuasi (*manned evacuated*)
 - L-3 : tidak ada personel (*unmanned*)
- Kategori untuk konsekuensi kegagalan
 - L-1 : kegagalan dengan konsekuensi tinggi (*high consequence of failure*)

L-2 : kegagalan dengan konsekuensi menengah (*medium consequence of failure*)

L-3 : Kegagalan dengan konsekuensi rendah (*low consequence of failure*)

Menurut API, untuk kondisi di luar Amerika dan Teluk Meksiko pengkategorian yang digunakan hanya dua saja, yaitu : L-1 dan L-3 untuk masing – masing kategori keamanan dan keselamatan serta kategori konsekuensi kegagalan.

Tabel 3.6 Kriteria Penilaian Anjungan (API, 2003)

| Level | Exposure Category | | Design Level Analysis (see Notes 1 and 2) | Ultimate Strength Analysis |
|-------|---------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| L-1 | High Consequence | Manned- Nonevacuated | 85% of lateral loading caused by 100-year environmental conditions (see Section 17.6.2b) | Reserve strength ratio (RSR) ≥ 1.6 (see Section 17.6.2b) |
| | | Unmanned | | |
| L-3 | Low Consequence | Unmanned | 50% of lateral loading caused by 100-year environmental conditions (see Section 17.6.2b) | (RSR) ≥ 0.8 (see Section 17.6.2b) |

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa keruntuhan struktur L-COM setelah penaikan dek pasca *subsidence*. Sebelumnya akan dilakukan analisis *in-place* dan *pushover* untuk kondisi sebelum dan sesudah penaikan dek. Analisis *in-place* bertujuan untuk mengetahui *unity check* (UC) kritis pada member. Analisis *pushover* bertujuan untuk mengetahui nilai *base shear* guna menghitung *Reserve Strength Ratio* (RSR) dan *System Redundancy* (SR) pada saat struktur L-COM.

4.1 Analisa In-Place

Analisis *In-place* dilakukan untuk mengetahui besaran gaya dan momen yang bekerja pada model, besar *displacement* yang terjadi serta *unity check* pada tiap – tiap member. Namun, pada analisis ini hanya akan menyajikan hasil luaran berupa data *unity check* tertinggi yang terjadi pada *member* platform L-COM. Suatu *member* dikatakan layak untuk menerima beban yang dikenainya jika nilai *unity check* pada *member* tersebut tidak melebihi 1.0.

Dalam analisa *in-place* terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu:

1. Pemodelan struktur dengan menggunakan SACS 5.3.
2. Pemodelan beban yang bekerja pada struktur dengan *standart code* API RP-2A.
3. Analisa tegangan dengan membandingkan tegangan yang terjadi dengan tegangan yang diijinkan.

Analisis *in-place* ini dilakukan dalam dua kondisi yang berbeda, yaitu kondisi operasi (1-year) dan kondisi badai (100-year) sebelum dan sesudah penaikan dek untuk arah gelombang 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° – 270° , dan 315° . Pada analisa *inplace* kondisi operasi dan kondisi badai terdapat nilai UC (*Unity Check*) terbesar, dalam hal ini dilakukan analisa *in-place* untuk kondisi sebelum dan sesudah penaikan dek yang dapat dilihat pada tabel berikut :

- Kondisi sebelum penaikan dek

Tabel 4.1. *Deck element output* untuk kondisi operasi

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|-------------|---------|-------------------|-----------------|------------------|
| MAIN DECK | MD1 | W 24X120 | 4549-4307 | 0.747 |
| | MD3 | W 21X55 | 4310-4436 | 1.157 |
| CELLAR DECK | CD1 | W 24X145 | 2307-0004 | 0.604 |
| | CD3 | W 24X76 | 2307-0002 | 0.701 |
| UPPER DECK | UDD | W 14X22 | 5655-5657 | 0.804 |
| | UDU | W 10X22 | 5713-5715 | 0.761 |
| DECK LEG | DL2 | 36" (OD) - 1" (t) | 2307-4307 | 0.230 |

Tabel 4.2 *Jacket element Output* untuk kondisi operasi

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|------------|---------|----------|-------|-----------------|------------------|
| | | OD (in) | t(in) | | |
| HOR. BRACE | P4C | 8.3755 | 0.375 | 463- 470 | 0.510 |
| DIA. BRACE | D2A | 24 | 0.5 | 305- 407 | 0.250 |
| JACKET LEG | L3A | 41 | 1 | 305- 405 | 0.150 |
| PILE | PL2 | 36 | 1 | 208- 308 | 0.410 |

Dari hasil analisa *inplace* yang dilakukan berdasarkan tabel 4.1 dan tabel 4.2 ditemukan *unity check* (UC) terbesar adalah pada member 4310-4436 dengan nilai UC 1.157 pada bagian dek, dan pada member 463-470 dengan nilai UC 0.510 pada bagian *jacket*.

Tabel 4.3 *Deck element Output* untuk kondisi badai

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|-------------|---------|-------------------|-----------------|------------------|
| MAIN DECK | MD1 | W 24X120 | 4307-4501 | 0.820 |
| | MD3 | W 21X55 | 4310-4436 | 1.230 |
| CELLAR DECK | CD1 | W 24X145 | 2307-0004 | 1.180 |
| | CD3 | W 24X76 | 2307-0002 | 1.140 |
| UPPER DECK | UDD | W 14X22 | 5655-5657 | 0.800 |
| | UDZ | L403X14 | 5583-5539 | 0.870 |
| DECK LEG | DL2 | 36" (OD) - 1" (t) | 2307-4307 | 0.420 |

Tabel 4.4 *Jacket element Output* untuk kondisi badai

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|------------|---------|----------|-------|-----------------|------------------|
| | | OD (in) | t(in) | | |
| HOR. BRACE | P4C | 8.3755 | 0.375 | 463- 470 | 0.645 |
| DIA. BRACE | D2A | 24 | 0.5 | 305- 407 | 0.890 |
| JACKET LEG | L3A | 41 | 1 | 305- 405 | 0.390 |
| PILE | PL2 | 36 | 1 | 208- 308 | 0.540 |

Dari hasil analisa *inplace* yang dilakukan berdasarkan tabel 4.3 dan tabel 4.4 ditemukan *unity check* (UC) terbesar adalah pada member 4310-4436 dengan nilai UC 1.230 pada bagian dek, dan pada member 305-407 dengan nilai UC 0.890 pada bagian *jacket*.

- Kondisi setelah penaikan dek

Tabel 4.5 *Deck element Output* untuk kondisi operasi

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|-------------|---------|-------------------|-----------------|------------------|
| MAIN DECK | MD1 | W 24X120 | 4307-4501 | 0.718 |
| | MD3 | W 21X55 | 4310-4436 | 1.150 |
| CELLAR DECK | CD1 | W 24X145 | 2307-0004 | 0.552 |
| | CD3 | W 24X76 | 2307-0002 | 0.690 |
| UPPER DECK | UDD | W 14X22 | 5655-5657 | 0.800 |
| | UDZ | L403X14 | 5583-5539 | 0.870 |
| DECK LEG | DL2 | 36" (OD) - 1" (t) | 2307-4307 | 0.250 |
| CLAMP | CL1 | 36" (OD) - 1" (t) | 671-0030 | 0.660 |

Tabel 4.6 *Jacket element Output* untuk kondisi operasi

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|------------|---------|----------|-------|-----------------|------------------|
| | | OD (in) | t(in) | | |
| HOR. BRACE | P4C | 8.375 | 0.375 | 463- 470 | 0.630 |
| DIA. BRACE | D2A | 24 | 0.5 | 305- 407 | 0.270 |
| JACKET LEG | L3A | 41 | 1 | 305- 405 | 0.160 |
| PILE | PL2 | 36 | 1 | 208- 308 | 0.420 |

Dari hasil analisa *inplace* yang dilakukan berdasarkan tabel 4.5 dan tabel 4.6 ditemukan *unity check* (UC) terbesar adalah pada member 4310-4436 dengan nilai UC 1.150 pada bagian dek, dan pada member 463-470 dengan nilai UC 0.630 pada bagian *jacket*.

Tabel 4.7 *Deck element Output* untuk kondisi badai

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|-------------|---------|-------------------|-----------------|------------------|
| MAIN DECK | MD1 | W 24X120 | 4307-4501 | 0.732 |
| | MD3 | W 21X55 | 4310-4436 | 1.160 |
| CELLAR DECK | CD1 | W 24X145 | 2307-0004 | 0.600 |
| | CD3 | W 24X76 | 2307-0002 | 0.730 |
| UPPER DECK | UDD | W 14X22 | 5655-5657 | 0.800 |
| | UDZ | L403X14 | 5583-5539 | 0.870 |
| DECK LEG | DL2 | 36" (OD) - 1" (t) | 2307-4307 | 0.250 |
| CLAMP | CL1 | 36" (OD) - 1" (t) | 671-0030 | 0.670 |

Tabel 4.8 *Jacket element Output* untuk kondisi badai

| POSITION | GRUP ID | PROPERTY | | CRITICAL MEMBER | MAX. UNITY CHECK |
|------------|---------|----------|-------|-----------------|------------------|
| | | OD (in) | t(in) | | |
| HOR. BRACE | P4C | 8.375 | 0.375 | 463- 470 | 0.820 |
| DIA. BRACE | D2A | 24 | 0.5 | 305- 407 | 0.360 |
| JACKET LEG | L3A | 41 | 1 | 305- 405 | 0.250 |
| PILE | PL2 | 36 | 1 | 208- 308 | 0.460 |

Dari hasil analisa *inplace* yang dilakukan berdasarkan tabel 4.7 dan tabel 4.8 ditemukan *unity check* (UC) terbesar adalah pada member 4310-4436 dengan nilai UC 1.160 pada bagian dek, dan pada member 463-470 dengan nilai UC 0.820 pada bagian *jacket*.

4.2 Analisa *Pushover*

Pada analisa statis *non-linear pushover* dilakukan dengan menggunakan *standart code* API RP-2A. Pada perhitungan RSR (*Reserve Strength Ratio*) dan SR (*System Redudancy*), *base shear* adalah gaya reaksi lateral secara global yang diinputkan dalam perhitungan tersebut. Berikut ini adalah nilai RSR dan SR pada saat sebelum dan sesudah penaikan dek yang ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.9 Nilai RSR dan SR sebelum peninggian dek

| Arah Pembebanan (degree) | Base Shear (kips) | | | RSR | | SR |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------|----------|-------|
| | Kondisi Awal | Kondisi 1 st member gagal | Kondisi <i>collapse</i> | RSR Min. | RSR Max. | |
| 0 | 513.84 | 2455.11 | 3424.20 | 4.78 | 6.66 | 1.395 |
| 45 | 377.30 | 2743.07 | 3080.34 | 7.27 | 8.16 | 1.123 |
| 90 | 317.85 | 2276.58 | 2836.04 | 7.16 | 8.92 | 1.246 |
| 135 | 371.31 | 2526.67 | 3248.57 | 6.80 | 8.75 | 1.286 |
| 180 | 477.11 | 2409.05 | 2891.03 | 5.05 | 6.06 | 1.200 |
| 225 | 323.10 | 2408.33 | 2753.30 | 7.45 | 8.52 | 1.143 |
| 270 | 269.59 | 2626.08 | 3208.52 | 9.74 | 11.90 | 1.222 |
| 315 | 370.65 | 2797.50 | 3099.23 | 7.55 | 8.36 | 1.108 |

Tabel 4.10 Nilai RSR dan SR setelah peninggian dek

| Arah Pembebanan (degree) | Base Shear (kips) | | | RSR | | SR |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|----------|----------|-------|
| | Kondisi Awal | Kondisi 1 member gagal | Kondisi <i>collapse</i> | RSR Min. | RSR Max. | |
| 0 | 513.84 | 2493.57 | 2905.13 | 4.85 | 5.65 | 1.165 |
| 45 | 377.30 | 2490.98 | 2899.34 | 6.60 | 7.68 | 1.164 |
| 90 | 317.85 | 2867.06 | 3069.30 | 9.02 | 9.66 | 1.071 |
| 135 | 371.31 | 2527.98 | 3156.41 | 6.81 | 8.50 | 1.249 |
| 180 | 477.11 | 2808.07 | 3008.86 | 5.89 | 6.31 | 1.072 |
| 275 | 323.10 | 2454.24 | 2755.61 | 7.60 | 8.53 | 1.123 |
| 270 | 269.59 | 2247.97 | 2660.75 | 8.34 | 9.87 | 1.184 |
| 315 | 370.65 | 2791.59 | 3436.78 | 7.53 | 9.27 | 1.231 |

Dari tabel diatas, nilai RSR terkecil adalah pada arah pembebanan 0 derajat dengan nilai 6.66 dan 5.65 masing – masing untuk kondisi sebelum dan sesudah penaikan dek. Maka kedua kondisi tersebut masih dalam batas aman karena masih lebih besar dari RSR minimum dengan kategori *High Consequence* yaitu $\geq 1,6$ seperti yang sudah diatur dalam API RP2A. Untuk harga SR terkecil terlihat pada tabel 4.10 adalah pada arah pembebanan 90 derajat sebesar 1.071. Harga ini kemudian dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bomel (2003) di perairan laut utara (*north sea*) dengan harga SR sebesar 1.04. Harga ini masih dapat diterima di perairan Indonesia

dimana beban lingkungannya relative lebih kecil dibandingkan dengan *North Sea*

4.3 Analisa Keandalan Struktur

Pada analisa keandalan struktur diperluka data dari kapasitas struktur (kondisi *ultimate*) dan beban yang bekerja (*design load*). Kapasitas dan beban yang bekerja pada struktur diambil dari gaya (*force*) dan momen yang bekerja pada member dari *limit load* yang sudah didapat. Kemudian nilai dari gaya dan momen *limit load* tersebut dimasukkan kedalam persamaan moda kegagalan dengan simulasi monte carlo. Dalam tugas akhir ini, analisis keandalan dengan simulasi monte carlo akan dilakukan dengan menggunakan bantuan software MATLAB 7.5. Berikut ini adalah hasil analisis keandalan tiap member seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 PoF member arah pembebanan 0 derajat

| Probability of Failure (PoF) 0 degree | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 30 | 14.34 | 201-303 | 25 | 0.00016 | 0.99984 |
| 30 | 14.34 | 303-401 | 25 | 0.00000 | 1.00000 |
| 31 | 14.92 | 201-303 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 31 | 14.92 | 303-401 | 100 | 0.00083 | 0.99917 |
| 31 | 14.92 | 305-407 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 31 | 14.92 | 305-405 | 50 | 0.00052 | 0.99948 |
| 31 | 14.92 | 307-407 | 75 | 0.00000 | 1.00000 |
| 32 | 15.50 | 305-405 | 100 | 0.00950 | 0.99050 |
| 32 | 15.50 | 307-407 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |

Dari tabel 4.11 pada pembebanan arah 0 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 32 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 15.50. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 32 yaitu sebesar 0.0095.

Tabel 4.12 PoF member arah pembebanan 45 derajat

| Probability of Failure (PoF) 45 degree | | | | | |
|----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 28 | 13.18 | 207-305 | 75 | 0.22650 | 0.77350 |
| 29 | 13.76 | 207-305 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 29 | 13.76 | 386-307 | 75 | 0.00000 | 1.00000 |
| 29 | 13.76 | 320-360 | 75 | 0.00054 | 0.99946 |
| 29 | 13.76 | 305-401 | 100 | 0.06820 | 0.93180 |
| 29 | 13.76 | 486-407 | 100 | 0.01240 | 0.98760 |
| 30 | 14.34 | 386-307 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 30 | 14.34 | 320-360 | 100 | 0.00620 | 0.99380 |
| 30 | 14.34 | 460-405 | 100 | 0.01000 | 0.99000 |

Dari tabel 4.12 pada pembebanan arah 45 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 30 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 14.34. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 28 yaitu sebesar 0.2265.

Tabel 4.13 PoF member arah pembebanan 90 derajat

| Probability of Failure (PoF) 90 degree | | | | | |
|----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 30 | 14.34 | 207-303 | 50 | 0.03080 | 0.96920 |
| 31 | 14.92 | 207-303 | 100 | 0.00310 | 0.99690 |
| 31 | 14.92 | 303-407 | 100 | 0.00130 | 0.99870 |
| 31 | 14.92 | 201-305 | 100 | 0.00720 | 0.99280 |
| 31 | 14.92 | 305-401 | 100 | 0.25120 | 0.74880 |
| 31 | 14.92 | 303-307 | 75 | 0.00001 | 0.99999 |
| 32 | 15.50 | 303-307 | 100 | 0.12060 | 0.87940 |
| 32 | 15.50 | 360-365 | 100 | 0.00560 | 0.99440 |

Dari tabel 4.13 pada pembebanan arah 90 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 32 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 15.50. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 31 yaitu sebesar 0.229.

Tabel 4.14 PoF member arah pembebanan 135 derajat

| Probability of Failure (PoF) 135 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 32 | 15.50 | 201-305 | 100 | 0.00005 | 0.99995 |
| 33 | 16.08 | 207-305 | 100 | 0.00990 | 0.99010 |
| 33 | 16.08 | 305-407 | 100 | 0.00009 | 0.99991 |
| 33 | 16.08 | 312-317 | 100 | 0.00019 | 0.99981 |
| 33 | 16.08 | 320-360 | 100 | 0.00039 | 0.99961 |
| 34 | 16.66 | 497-416 | 100 | 0.01740 | 0.98260 |
| 34 | 16.66 | 412-497 | 100 | 0.00049 | 0.99951 |
| 34 | 16.66 | 410-412 | 100 | 0.00500 | 0.99500 |

Dari tabel 4.14 pada pembebanan arah 135 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 34 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 16.66. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 34 yaitu sebesar 0.0174.

Tabel 4.15 PoF member arah pembebanan 180 derajat

| Probability of Failure (PoF) 180 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 30 | 14.34 | 305-407 | 50 | 0.01320 | 0.98680 |
| 31 | 14.92 | 305-407 | 100 | 0.00030 | 0.99970 |
| 31 | 14.92 | 207-305 | 100 | 0.05020 | 0.94980 |
| 32 | 15.50 | 301-310 | 100 | 0.01780 | 0.98220 |
| 32 | 15.50 | 310-312 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 32 | 15.50 | 312-317 | 100 | 0.00120 | 0.99880 |
| 32 | 15.50 | 386-307 | 100 | 0.00250 | 0.99750 |

Dari tabel 4.15 pada pembebanan arah 180 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 32 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 15.50. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 31 yaitu sebesar 0.0502.

Tabel 4.16 PoF member arah pembebanan 225 derajat

| Probability of Failure (PoF) 225 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 27 | 12.60 | 201-305 | 75 | 0.00160 | 0.99840 |
| 27 | 12.60 | 305-407 | 50 | 0.00082 | 0.99918 |
| 28 | 13.18 | 201-305 | 100 | 0.03740 | 0.96260 |
| 28 | 13.18 | 305-407 | 100 | 0.00020 | 0.99980 |
| 28 | 13.18 | 320-360 | 100 | 0.00010 | 0.99990 |
| 29 | 13.76 | 301-320 | 100 | 0.00250 | 0.99750 |
| 29 | 13.76 | 327-305 | 100 | 0.00052 | 0.99948 |
| 29 | 13.76 | 434-460 | 100 | 0.01010 | 0.98990 |

Dari tabel 4.16 pada pembebanan arah 225 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 29 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 13.76. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 28 yaitu sebesar 0.0374.

Tabel 4.17 PoF member arah pembebanan 270 derajat

| Probability of Failure (PoF) 270 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 28 | 13.18 | 201-305 | 50 | 0.00001 | 0.99999 |
| 29 | 13.76 | 201-305 | 100 | 0.03760 | 0.96240 |
| 29 | 13.76 | 207-303 | 100 | 0.00001 | 0.99999 |
| 29 | 13.76 | 327-305 | 75 | 0.00001 | 0.99999 |
| 29 | 13.76 | 305-401 | 75 | 0.00130 | 0.99870 |
| 30 | 14.34 | 327-305 | 100 | 0.05100 | 0.94900 |
| 30 | 14.34 | 305-401 | 100 | 0.00470 | 0.99530 |

Dari tabel 4.17 pada pembebanan arah 270 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 30 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 14.34. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 30 yaitu sebesar 0.051.

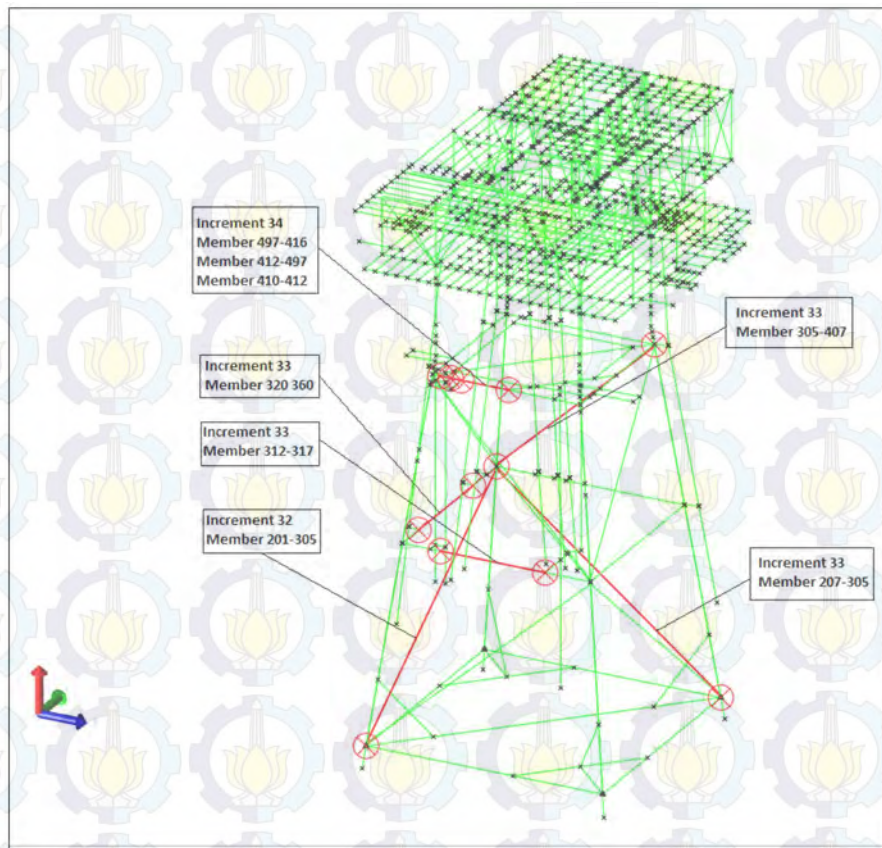
Tabel 4.18 PoF member arah pembebanan 315 derajat

| Probability of Failure (PoF) 315 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|--------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 31 | 14.92 | 303-407 | 50 | 0.0027 | 0.9973 |
| 32 | 15.50 | 303-407 | 100 | 0.0014 | 0.9986 |
| 32 | 15.50 | 303-401 | 100 | 0.0015 | 0.9985 |
| 32 | 15.50 | 207-305 | 100 | 0.0000 | 1.0000 |
| 32 | 15.50 | 312-317 | 100 | 0.0126 | 0.9874 |
| 32 | 15.50 | 327-305 | 100 | 0.1600 | 0.8400 |
| 33 | 16.08 | 207-303 | 100 | 0.1426 | 0.8574 |

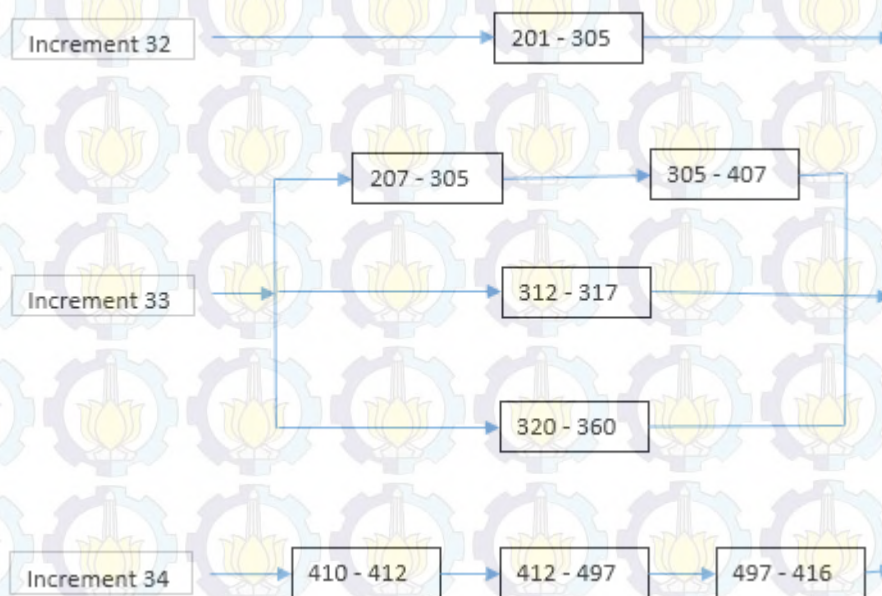
Dari tabel 4.18 pada pembebanan arah 315 derajat, struktur *jacket* mengalami keruntuhan progresif dengan kenaikan (*increment*) beban lateral sebesar 30 kali kenaikan beban dengan *load factor* sebesar 16.08. PoF tingkat member terbesar terjadi pada *increment* 32 yaitu sebesar 0.160.

Dari perhitungan keandalan tingkat member pada struktur L-COM, selanjutnya ialah menghitung keandalan tingkat system dengan metode *Reliability Block Diagram* (RBD). Dimana untuk rangkaian seri adalah saat member mengalami kegagalan pada *incremental load* yang sama. Sedangkan untuk sistem paralel adalah saat member mengalami kegagalan pada *incremental load* yang berbeda. Pada tiap *incremental load* perlu ditinjau member – member yang dalam satu sambungan. Jika masih dalam satu sambungan dianggap sebagai seri, sedangkan jika berlainan sambungan dianggap sebagai paralel. Berikut ini sebagai contoh perhitungan keandalan sistem pada arah pembebanan 135 derajat.

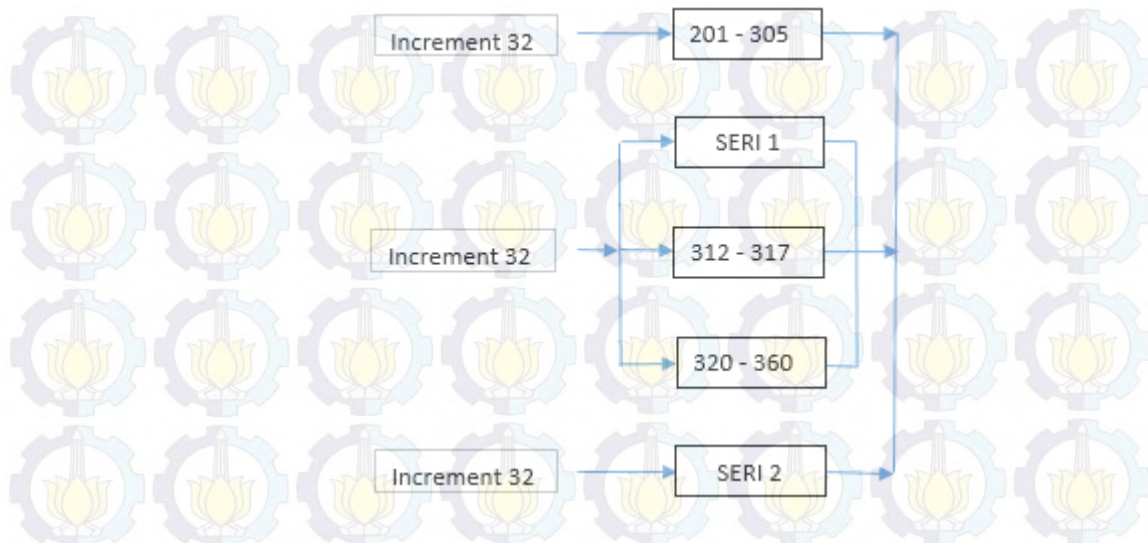
Dari contoh tabel 4.19 kemudian akan dihitung PoF tingkat sistem sebagai contoh pada arah 135 derajat. Dibawah ini ditunjukkan pula member – member yang gagal di tiap *incremental load*. Langkah awal sebelum menghitung PoF sistem adalah dengan meninjau member – member yang gagal, apakah termasuk dalam sistem seri atau paralel. Setelah menentukan jenis sistemnya kemudian bisa dilakukan pengelompokkan member dengan RBD. Kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung nilai dari PoF sistem.



Gambar 4.1. Urutan Member Kolaps Arah Pembebanan 135 Derajat



Gambar 4.2. RBD Arah 135 Derajat



Gambar 4.3. RBD Arah 135 Derajat yang Sudah Dikelompokkan

Berikut ini perhitungan PoF sistem arah pembebanan 135 derajat :

$$\text{Keandalan sistem paralel} = 1 - [(1 - K(201-305)) \times (1 - K(\text{SERI 1})) \times (1 - K(312-317)) \times (1 - K(320-360)) \times (1 - K(\text{SERI 2}))]$$

$$\begin{aligned} \text{Keandalan sistem seri Seri 1} &= K(207-305) \times K(305-307) \\ &= 0.9905 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seri 2} &= K(497-416) \times K(412-497) \times K(410-412) \\ &= 0.9772 \end{aligned}$$

$$\text{Keandalan sistem paralel} = 9.99999999999547\text{E-}01$$

$$\begin{aligned} \text{PoF Sistem 135 derajat} &= 1 - \text{Keandalan sistem paralel} \\ &= 4.53 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan analisa PoF sistem menggunakan RBD maka akan didapatkan PoF sistem dari masing masing arah pembebanan.

Tabel 4.19 PoF sistem struktur L-COM

| Arah Pembebanan (derajat) | PoF Sistem |
|---------------------------|------------|
| 0 | 6.56E-13 |
| 45 | 1.20E-08 |
| 90 | 2.15E-08 |
| 135 | 4.53E-13 |
| 180 | 3.16E-08 |
| 225 | 9.09E-09 |
| 270 | 2.15E-13 |
| 315 | 2.25E-09 |

Dari tabel 4.20 diatas diketahui bahwa harga PoF sistem paling besar adalah pada arah pembebanan 90 derajat sebesar 3.16×10^{-8} . Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan analisis resiko guna mendapatkan matriks resiko yang sesuai.

4.4 Matriks Resiko

Pada tugas akhir ini, matriks resiko yang digunakan adalah matriks resiko dengan ukuran matriks 5 x 5. Adapun matriks resiko mengacu pada ISO 2000. Hasil dari PoF sistem struktur L-COM kemudian akan disesuaikan dengan matriks resiko tersebut. Kriteria konsekuensi untuk keselamatan dari personel dan konsekuensi kerusakan lingkungan juga akan disesuaikan dengan kriteria yang ada pada matriks resiko tersebut.

Tabel 4.20 *Ranking PoF Matriks Resiko*

| Table 4-1 Probability of failure description | | | |
|----------------------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cat. | Annual failure probability | | Description |
| | Quantitative | Qualitative | |
| 5 | $> 10^{-2}$ | Failure expected | (1) In a small population*, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in location. |
| 4 | 10^{-3} to 10^{-2} | High | (1) In a large population**, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company. |
| 3 | 10^{-4} to 10^{-3} | Medium | (1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in operating company. |
| 2 | 10^{-5} to 10^{-4} | Low | (1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry. |
| 1 | $< 10^{-5}$ | Negligible | (1) Failure is not expected. (2) Failure has not occurred in industry. |

Notes:
 * Small population = 20 to 50 components.
 ** Large population = More than 50 components

Tabel 4.21 *Ranking CoF Matriks Resiko*

| Table 4-2 Consequence of failure qualitative ranking scales | | | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Rank | CoF Personnel Safety | CoF Environment | CoF Economic |
| A | Insignificant | Insignificant | Insignificant |
| B | Slight/minor injury | Slight/minor effect | Slight/minor damage |
| C | Major injury | Local effect | Local damage |
| D | Single fatality | Major effect | Major damage |
| E | Multiple fatalities | Massive effect | Extensive damage |

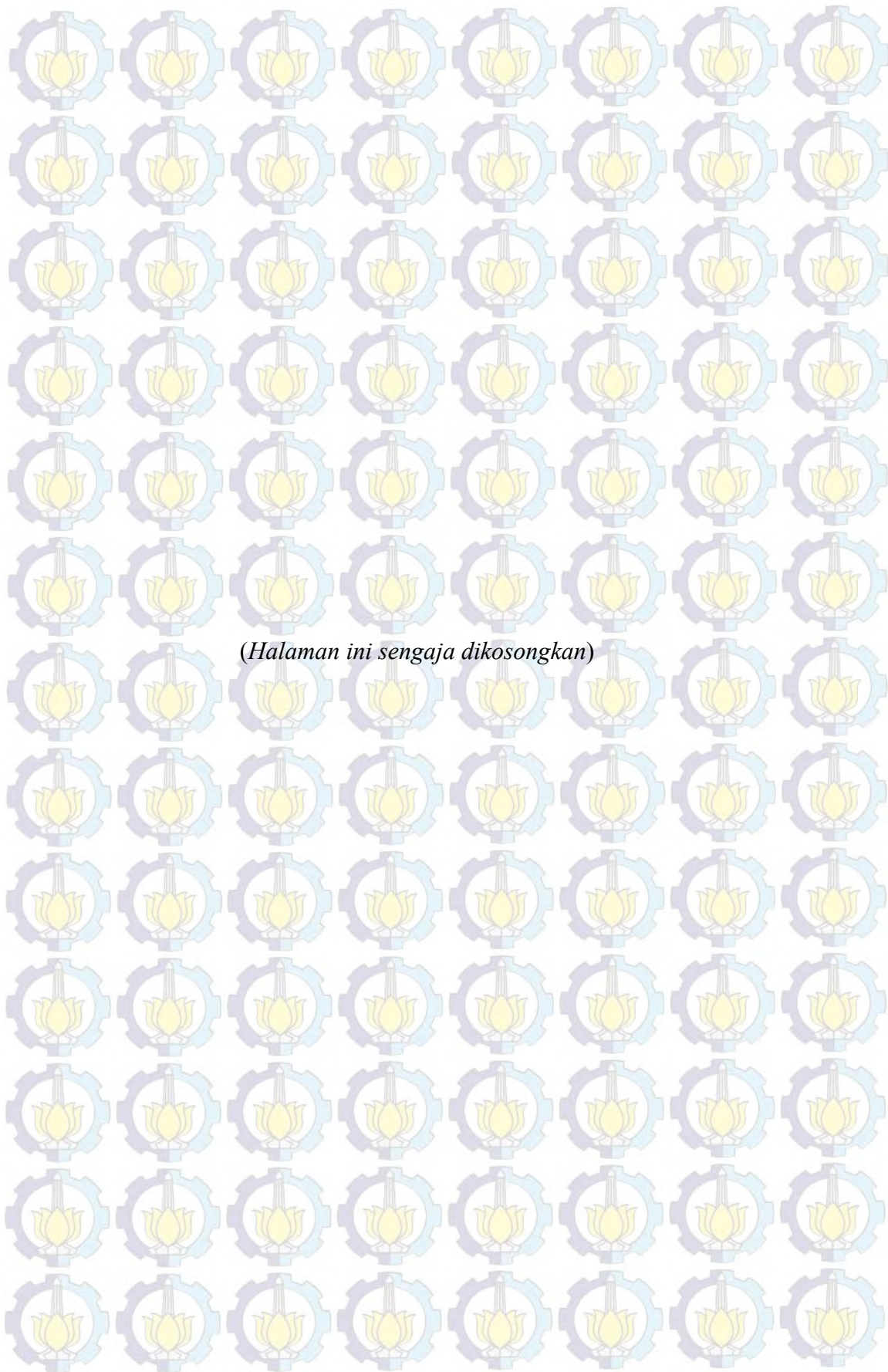
Struktur L-COM merupakan anjungan minyak tipe *compressor* dimana terdapat kurang lebih 20 personel tiap harinya pada fasilitas ini. Struktur L-COM dalam pengoperasiannya dapat menghasilkan minyak dari *Lima Flowstation* sebanyak 7000 barrel per day (BPD). Maka jika struktur L-COM mengalami keruntuhan akan menyebabkan kerugian sebesar US\$ 350.000 dengan asumsi harga minyak dunia seharga US\$ 50. Kemudian tumpahan

minyak yang dihasilkan akibat keruntuhan struktur tersebut dapat menyebabkan polusi yang signifikan terhadap ekosistem laut. Berdasarkan kriteria tersebut menurut ISO termasuk dalam CoF ranking E (*multiple fatalities*). Sedangkan untuk kategori *environment* dan *business* termasuk dalam CoF ranking D. Harga PoF sistem terbesar adalah 3.16×10^{-8} ,

Tabel 4.22 Matriks Resiko

| PoF Ranking | PoF Description | A | B | C | D | E |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 5 | (1) In a small population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in the location. | YELLOW | RED | RED | RED | RED |
| 4 | (1) In a large population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company. | YELLOW | YELLOW | RED | RED | RED |
| 3 | (1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in the operating company. | GREEN | YELLOW | YELLOW | RED | RED |
| 2 | (1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry. | GREEN | GREEN | YELLOW | YELLOW | RED |
| 1 | (1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry. | GREEN | GREEN | GREEN | YELLOW | YELLOW |
| CoF Types | Safety | No injury | Minor Injury Absence < 2 days | Major Injury Absence > 2 days | Single Fatality | Multiple Fatalities |
| | Environment | No pollution | Minor local effect. Can be cleaned up easily. | Significant local effect. Will take more than 1 man week to remove. | Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem (e.g. population of birds or fish). | Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem. |
| | Business | No downtime or asset damage | < € 10,000 damage or downtime < one shift | < € 100,000 damage or downtime < 4 shifts | + € 1,000,000 damage or downtime < one month | + € 10,000,000 damage or downtime one year |
| CoF Ranking | | A | B | C | D | E |

Berdasarkan matriks resiko maka kondisi struktur L-COM masuk dalam kategori *yellow* yang merupakan daerah *As Low As Reasonably Practicable* (ALARP) untuk kategori keselamatan personil, lingkungan, dan bisnis.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

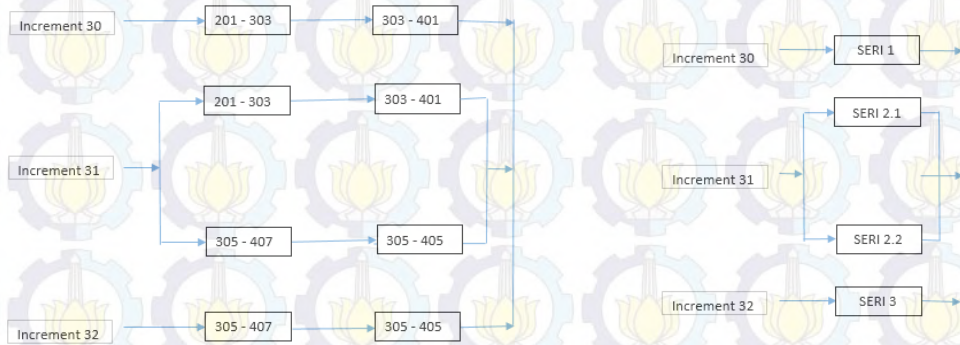
BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

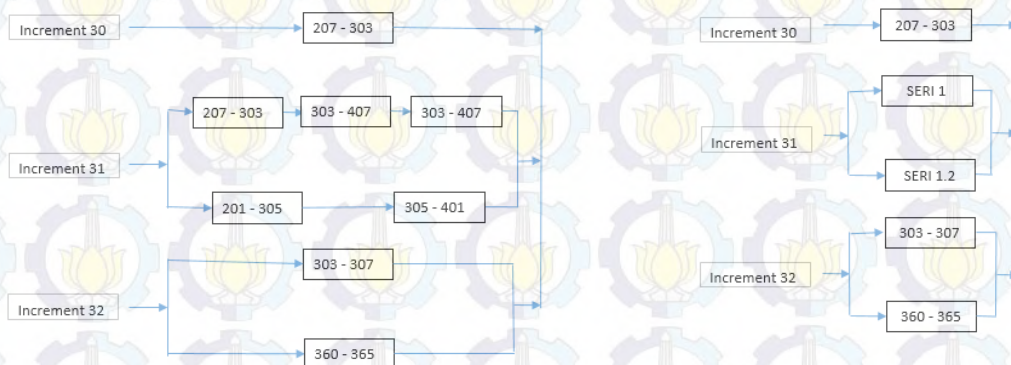
5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa *pushover* didapatkan RSR sebesar 5.65 pada mekanisme keruntuhan arah pembebanan 0 derajat sebagai berikut:

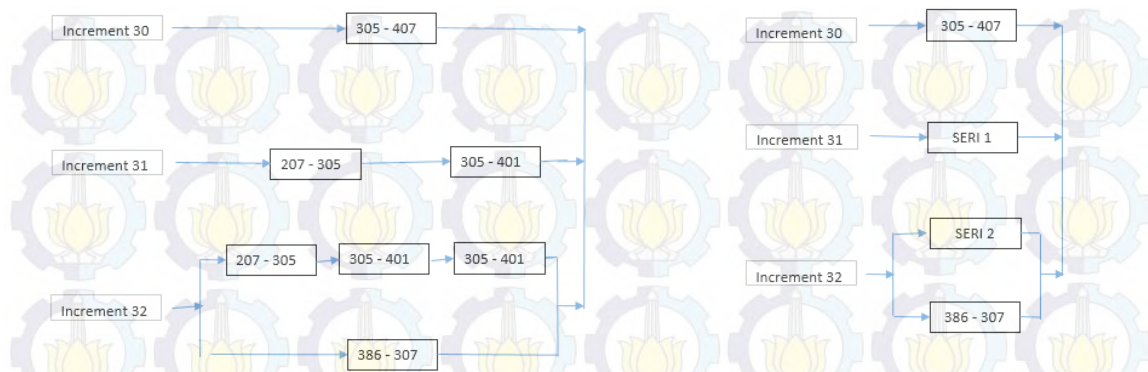


Harga tersebut masih lebih besar dibandingkan dengan harga RSR yang sudah ditetapkan API RP2A untuk kategori L-1 yaitu ≥ 1.6 . Harga SR terkecil adalah sebesar 1.071 pada mekanisme keruntuhan arah pembebanan 90 derajat sebagai berikut:

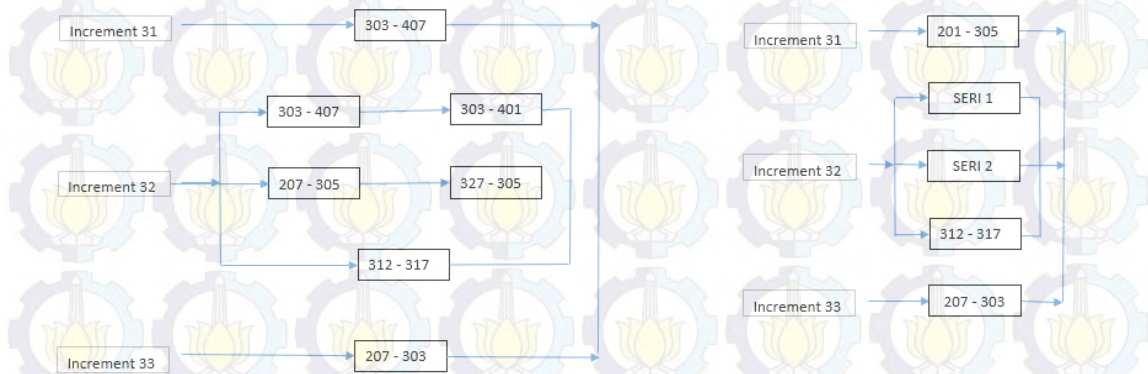


Hasil ini masih lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan Bomel (2003) untuk perairan *north sea* dengan harga SR 1.04

2. *Probability of failure* (PoF) terbesar adalah pada arah pembebanan 180 derajat sebesar 3.16×10^{-8} dengan *base shear* sebesar 3008.86 kips pada kondisi struktur kolaps. Berikut ini adalah mekanisme keruntuhan struktur pada arah pembebanan 180 derajat:



Sedangkan untuk *base shear* sebesar 3436.78 kips pada arah pembebanan 315 derajat memiliki PoF 2.25×10^{-9} . Berikut ini mekanisme keruntuhan untuk arah pembebanan 315 derajat:



Berdasarkan mekanisme keruntuhan yang disusun dengan RBD pada arah pembebanan 180 derajat dan 315 derajat disimpulkan bahwa, PoF sistem terbesar tidak bisa ditentukan berdasarkan besarnya *base shear*, melainkan pada bagaimana mekanisme keruntuhan struktur yang disusun dengan RBD serta keandalan dari masing – masing member pada tiap arah pembebanan.

3. Berdasarkan matriks resiko, didapatkan bahwa dengan harga PoF 3.16×10^{-8} struktur L-COM berada pada *rank no. 1 (negligible)* untuk PoF. Sedangkan untuk *consequence of failure* (CoF) untuk kategori keselamatan personel berada pada *rank E*. untuk CoF untuk kategori lingkungan dan bisnis berada pada *rank D*. Maka struktur L-COM masuk dalam kategori *yellow* (daerah ALARP) untuk keselamatan personil, lingkungan, dan bisnis

5.2 Saran

Untuk kedepannya penulis menyarankan untuk mahasiswa yang mengambil topik keruntuhan dapat membandingkan hasil antara pemodelan dengan *pile*

soil interaction (PSI) dengan yang tidak menggunakan PSI. Kemudian juga perlu dilakukan analisa keruntuhan terhadap *topside*. Kemudian untuk moda kegagalan untuk analisa keandalan, diperlukan moda kegagalan yang sesuai untuk kondisi masing – masing member, dan juga perlu ditinjau keandalan pada *chord*.



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Kombinasi Pembebanan

LAMPIRAN 2

Input analisis keruntuhan

LAMPIRAN 3

Output member force inplace dan *pushover*

LAMPIRAN 4

Input keandalan dengan MATLAB

LAMPIRAN 5

Reliability Block Diagram (RBD)

LAMPIRAN 6

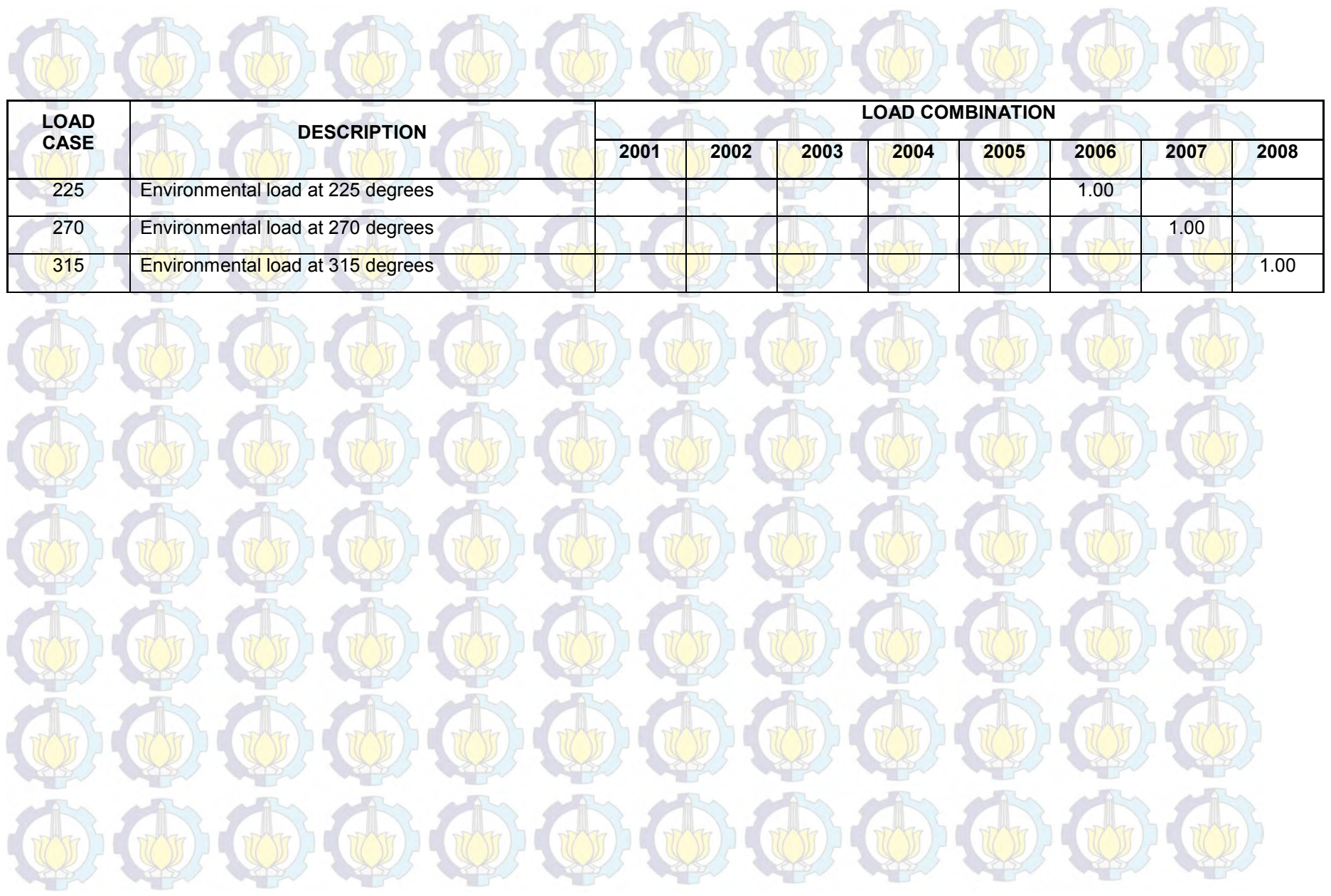
Analisa Keandalan

[illegible][illegible]

| | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------------------------|------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 153 | Electrical & instrumentation load – upper deck | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 159 | Crane selfweight load | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 160 | Design crane axial operating load | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 161 | Design crane axial operating moment (mx) | 1.00 | 0.707 | - | -0.707 | -1.00 | -0.707 | - | 0.707 |
| 162 | Design crane axial operating moment (-my) | - | 0.707 | 1.00 | 0.707 | - | -0.707 | -1.00 | -0.707 |
| 201 | Live load main deck | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |
| 202 | Live load cellar deck | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| 203 | Live load upper deck | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 |
| 0 | Environmental load at 0 degrees | 1.00 | | | | | | | |
| 45 | Environmental load at 45 degrees | | 1.00 | | | | | | |
| 90 | Environmental load at 90 degrees | | | 1.00 | | | | | |
| 135 | Environmental load at 135 degrees | | | | 1.00 | | | | |
| 180 | Environmental load at 180 degrees | | | | | 1.00 | | | |
| 225 | Environmental load at 225 degrees | | | | | | 1.00 | | |
| 270 | Environmental load at 270 degrees | | | | | | | 1.00 | |
| 315 | Environmental load at 315 degrees | | | | | | | | 1.00 |

[illegible][illegible]

| LOAD CASE | DESCRIPTION | LOAD COMBINATION | | | | | | | |
|-----------|-------------------------------------------------|------------------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| 142 | Cellar deck - piping operating load | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 |
| 143 | Upper deck - piping operating load | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 |
| 151 | Electrical & instrumentation load – main deck | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 152 | Electrical & instrumentation load – cellar deck | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| 153 | Electrical & instrumentation load – upper deck | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 159 | Crane selfweight load | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 160 | Design crane axial operating load | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 161 | Design crane axial operating moment (mx) | 1.00 | 0.707 | - | -0.707 | -1.00 | -0.707 | - | 0.707 |
| 162 | Design crane axial operating moment (-my) | - | 0.707 | 1.00 | 0.707 | - | -0.707 | -1.00 | -0.707 |
| 201 | Live load main deck | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |
| 202 | Live load cellar deck | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| 203 | Live load upper deck | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 |
| 0 | Environmental load at 0 degrees | 1.00 | | | | | | | |
| 45 | Environmental load at 45 degrees | | 1.00 | | | | | | |
| 90 | Environmental load at 90 degrees | | | 1.00 | | | | | |
| 135 | Environmental load at 135 degrees | | | | 1.00 | | | | |
| 180 | Environmental load at 180 degrees | | | | | 1.00 | | | |



| LOAD CASE | DESCRIPTION | LOAD COMBINATION | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| 225 | Environmental load at 225 degrees | | | | | | 1.00 | | |
| 270 | Environmental load at 270 degrees | | | | | | | 1.00 | |
| 315 | Environmental load at 315 degrees | | | | | | | | 1.00 |

COLLAPSE INPUT

ARAH 0 DERAJAT

```
CLPOPT  60 8 60    CN LBJF JS      LR  0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT P1R1M1MP  SMMSPW
LDSEQ COBA      GRV2 1  1.  1. 301 1  1.  1. 302 1  1.  1.
LDSEQ COBA      601 50  1. 30.
GRPELA      CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA      CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA      MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA      UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END
```

ARAH 45 DERAJAT

```
CLPOPT  60 8 60    CN LBJF JS      LR  0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT P1R1M1MP  SMMSPW
LDSEQ COBA      GRV2 1  1.  1. 301 1  1.  1. 302 1  1.  1.
LDSEQ COBA      602 50  1. 30.
GRPELA      CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA      CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA      MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA      UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END
```


ARAH 90 DERAJAT

CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT P1R1M1MP SMMSPW
LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.
LDSEQ COBA 603 50 1. 30.
GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END

ARAH 135 DERAJAT

CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT P1R1M1MP SMMSPW
LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.
LDSEQ COBA 604 50 1. 30.
GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END

ARAH 180 DERAJAT

CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT P1R1M1MP SMMSPW
LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.
LDSEQ COBA 605 50 1. 30.
GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END

ARAH 225 DERAJAT

CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005
CLPRPT P1R1M1MP SMMSPW
LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.
LDSEQ COBA 606 50 1. 30.
GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1
GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY
GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF
GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B
END

ARAH 270 DERAJAT

CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005

CLPRPT P1R1M1MP SMMSPW

LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.

LDSEQ COBA 607 50 1. 30.

GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1

GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY

GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF

GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B

END

ARAH 315 DERAJAT

CLPOPT 60 8 60 CN LBJF JS LR 0.10.001 0.01 100.0.005

CLPRPT P1R1M1MP SMMSPW

LDSEQ COBA GRV2 1 1. 1. 301 1 1. 1. 302 1 1. 1.

LDSEQ COBA 608 50 1. 30.

GRPELA CD1 CD2 CD3 CD4 CD5 CD6 CDD CDU CDV CDW CDX CDY CDZ CRN CW1

GRPELA CW2 CW3 CW4 CW5 FW1 FWS MD1 MD2 MD3 MD4 MD5 MDV MDW MDX MDY

GRPELA MDZ P3C P4C P4D RSS SCS UB1 UB2 UB3 UDA UDB UDC UDD UDE UDF

GRPELA UDU UDV UDW UDY UDZ W.R W.B

END

SUMMARY OF AXIAL LOAD AND BENDING MOMENT AT INPLACE AND PUSHOVER

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 0 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|----------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 201 303 | D1A | 0.245 | 2005 | 79.5 | -115.06 | 519.07 | 219.56 | 1128.7 | -1162.2 | 1316.675 | -2499 |
| 303 401 | D2A | 0.185 | 2005 | 0 | 116.02 | -515.43 | -140.74 | 944.092 | 4330.6 | 226.256 | 16049.7 |
| 305 407 | D2A | 0.249 | 2005 | 0 | -138.5 | -476.57 | 301.08 | 2208.095 | 8661.9 | | |
| 305 405 | L3A | 0.159 | 2004 | 29.4 | 233.14 | -476.93 | 36.28 | 468.632 | 37659 | 364.787 | 23202.5 |
| 307 407 | L3B | 0.173 | 2006 | 29.4 | -151.15 | -1359.58 | 40.44 | 700.865 | 26752.5 | 789.409 | 64142.6 |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 45 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|-----------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 207 305 | D1A | 0.169 | 2005 | 0 | 131.9 | 273.75 | 129.13 | 151.813 | 9454.9 | 600.002 | 7897.5 |
| 305 401 | D2A | 0.189 | 2007 | 0 | 117.57 | -512.24 | 202.35 | 155.082 | 14868.9 | | |
| 320 360 | P3A | 0.07 | 2001 | 30.25 | -1.01 | 55.67 | 209.29 | 18.839 | 430.8 | 9.015 | 360 |
| 386 307 | P3A | 0.131 | 2007 | 33.04 | 4.6 | -120.64 | -379.07 | 77.391 | 4151.5 | 103.375 | 4170.9 |
| 460 405 | P4A | 0.258 | 2001 | 7.5 | -56.39 | -207.43 | -344.23 | 102.583 | 1755.7 | | |
| 486 407 | P4A | 0.25 | 2008 | 0 | -84.81 | 151.31 | 266.54 | 133.675 | 4006.2 | | |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 90 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|-----------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 207 303 | D1A | 0.166 | 2003 | 79.5 | -62.86 | 462.06 | -263.63 | 1134.687 | 741.5 | 131.876 | 1908.7 |
| 303 407 | D2A | 0.232 | 2007 | 0 | -128.69 | -450.83 | -286.87 | 1296.483 | 998.1 | | |
| 201 305 | D1A | 0.247 | 2007 | 79.5 | -116.92 | 506.79 | -218.02 | 1326.551 | 1094.7 | | |
| 305 401 | D2A | 0.189 | 2007 | 0 | 117.57 | -512.24 | 202.35 | 122.68 | 15077.6 | | |
| 303 307 | P3A | 0.054 | 2002 | 52.5 | 7.92 | -56.43 | -122.66 | 218.073 | 357.2 | 10.129 | 2378.8 |
| 360 365 | P3A | 0.085 | 2002 | 0 | -5.82 | 31.88 | 227.12 | | | | |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 135 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|------------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 201 305 | D1A | 0.247 | 2007 | 79.5 | -116.92 | 506.79 | -218.02 | 1178.957 | 1328.6 | | |
| 207 305 | D1A | 0.169 | 2005 | 0 | 131.9 | 273.75 | 129.13 | 1105.387 | 474.8 | | |
| 305 407 | D2A | 0.249 | 2005 | 0 | -138.5 | -476.57 | 301.08 | 598.846 | 1269.3 | | |
| 312 317 | P3A | 0.122 | 2006 | 29.21 | 6.61 | 140.61 | 332.44 | 41.789 | 795.5 | | |
| 320 360 | P3A | 0.07 | 2001 | 30.25 | -1.01 | 55.67 | 209.29 | 11.941 | 447.7 | | |
| 497 416 | P4A | 0.233 | 2005 | 13.21 | -89.46 | 191.95 | 127.35 | 207.139 | 492.3 | | |
| 412 497 | P4A | 0.271 | 2004 | 0 | -90.06 | -219.77 | -118.65 | 299.365 | 585.2 | | |
| 410 412 | P4A | 0.242 | 2004 | 0 | -87.74 | -173.35 | 24.2 | 331.836 | 318.6 | | |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 180 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|------------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 305 407 | D2A | 0.249 | 2005 | 0 | -138.5 | -476.57 | 301.08 | 1020.336 | 866.8 | 300.31 | 15411 |
| 207 305 | D1A | 0.169 | 2005 | 0 | 131.9 | 273.75 | 129.13 | 1310.767 | 745.5 | | |
| 301 310 | P3A | 0.172 | 2002 | 0 | -0.18 | -336.2 | 434.11 | 261.811 | 803.6 | | |
| 310 312 | P3A | 0.035 | 2004 | 2.83 | 2.33 | -5.73 | -100.02 | 121.752 | 431 | | |
| 312 317 | P3A | 0.122 | 2006 | 29.21 | 6.61 | 140.61 | 332.44 | 215.305 | 665.2 | | |
| 386 307 | P3A | 0.131 | 2007 | 33.04 | 4.6 | -120.64 | -379.07 | 275.075 | 1526.3 | | |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 225 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|------------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 201 305 | D1A | 0.247 | 2007 | 79.5 | -116.92 | 506.79 | -218.02 | 218.237 | 8860.2 | 190.994 | 1812 |
| 305 407 | D2A | 0.249 | 2005 | 0 | -138.5 | -476.57 | 301.08 | 1052.76 | 1106.03 | 1320.75 | 1208.9 |
| 320 360 | P3A | 0.07 | 2001 | 30.25 | -1.01 | 55.67 | 209.29 | 36.995 | 515.8 | | |
| 301 320 | P3A | 0.113 | 2001 | 0 | -1 | -125.46 | -332.64 | 125.46 | 616.5 | | |
| 327 305 | P3B | 0.088 | 2003 | 0 | -7.55 | 318.32 | 189.25 | 25.929 | 189.25 | | |
| 434 460 | P4A | 0.216 | 2007 | 11.37 | -81.56 | 123.07 | 30.78 | 250.591 | 567.7 | | |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 270 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|------------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 201 305 | D1A | 0.247 | 2007 | 79.5 | -116.92 | 506.79 | -218.02 | 1190.402 | 1504 | 1313.426 | 1555.7 |
| 207 303 | D1A | 0.166 | 2003 | 79.5 | -62.86 | 462.06 | -263.63 | 1313.426 | 814.3 | | |
| 327 305 | P3B | 0.088 | 2003 | 0 | -7.55 | 318.32 | 189.25 | 65.323 | 413.7 | 31.115 | 1351.5 |
| 305 401 | D2A | 0.189 | 2007 | 0 | 117.57 | -512.24 | 202.35 | 1437.286 | 2473.6 | | |

| MEMBER JOINTS | GROUP ID | MAXIMUM COMBINE | LC | DIST FROM END(ft) | FORCE FX kips | MOMENT MY in-kip | MOMENT MZ in-kip | 315 degree | | | |
|---------------|----------|-----------------|------|-------------------|---------------|------------------|------------------|------------|-----------|----------|------------|
| | | | | | | | | Pu kips | Mp in-kip | Pu2 kips | Mp2 in-kip |
| 303 407 | D2A | 0.232 | 2007 | 0 | -128.69 | -450.83 | -286.87 | 614.542 | 977.2 | 590.065 | 1037.5 |
| 303 401 | D2A | 0.185 | 2005 | 0 | 116.02 | -515.43 | -140.74 | 350.492 | 1009.1 | | |
| 207 305 | D1A | 0.169 | 2005 | 0 | 131.9 | 273.75 | 129.13 | 460.547 | 871.7 | | |
| 312 317 | P3A | 0.122 | 2006 | 29.21 | 6.61 | 140.61 | 332.44 | 23.764 | 615.3 | | |
| 327 305 | P3B | 0.088 | 2003 | 0 | -7.55 | 318.32 | 189.25 | 10.365 | 1885.3 | | |
| 207 303 | D1A | 0.166 | 2003 | 79.5 | -62.86 | 462.06 | -263.63 | 1090.082 | 571 | | |

INPUT MATLAB

ARAH 0 DERAJAT

```
% 'MEMBER 201-303'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 115.06;
Pna = 1128.700;
Mya = 519.07;
Mza = 219.56;
Mpa = 1258.7;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
    lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
    lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
    lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
    lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
    lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
    B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofa=pofa+1;
    end
    'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 303-401'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 116.02;
Pnb = 944.092;
Myb = 515.43;
Mzb = 140.74;
Mpb = 4330.6;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pb^2))));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
```

```
pofb=0;
for n=1:sim;
    lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
    lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
    lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
    lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
    lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
    B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofb=pofb+1;
    end
    'execute'
end
pofb = pofb/sim;
```

```
% 'MEMBER 201-303'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 115.06;
Pnc = 1316.675;
Myc = 519.07;
Mzc = 219.56;
Mpc = 2499;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
    B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofc=pofc+1;
    end
    'execute'
end
pofc = pofc/sim;
```

```
% 'MEMBER 303-401'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 116.02;
Pnd = 226.25;
Myd = 515.43;
Mzd = 140.74;
Mpd = 16049.7;
pi = 3.14;
```



```

%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofd=pofd+1;
    end
    'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 305-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 138.50;
Pne = 2208.09;
Mye = 476.57;
Mze = 301.08;
Mpe = 8661.9;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
    lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
    lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
    lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
    lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
    B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofe=pofe+1;
    end
    'execute'
end
pofe = pofe/sim;

```

```

% 'MEMBER 305-405'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 233.14;
Pnf = 468.632;
Myf = 476.93;
Mzf = 36.28;
Mpf = 37659;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
    lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
    lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
    lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
    lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
    lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
    B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        poff=poff+1;
    end
    'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 307-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 151.15;
Png = 700.865;
Myg = 1359.58;
Mzg = 40.44;
Mpg = 26752.5;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);

```



```

lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofg=pofg+1;
end
'execute'
end
pofg = pofg/sim;

% 'MEMBER 305-405'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Ph = 233.14;
Pnh = 364.787;
Myh = 476.93;
Mzh = 36.28;
Mph = 23202.5;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1h = logm(Myh)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myh^2))));
sdev1h = sqrt(logm(1+(cov1/(Myh^2))));
mu2h = logm(Mzh)-(0.5*logm((cov1/(Mzh^2))+1));
sdev2h = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzh^2))));
mu3h = logm(Ph)-(0.5*logm((cov1/(Ph^2))+1));
sdev3h = sqrt(logm(1+(cov1/(Ph^2))));
mu4h = Mph;
sdev4h = Mph*cov2;
mu5h = Pnh;
sdev5h = Pnh*cov2;
%
pofh=0;
for n=1:sim;
lrng1h = lognrnd(mu1h,sdev1h);
lrng2h = lognrnd(mu2h,sdev2h);
lrng3h = lognrnd(mu3h,sdev3h);
lrng4h = normrnd(mu4h,sdev4h);
lrng5h = normrnd(mu5h,sdev5h);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3h/lrng5h));
B = (((lrng1h)^2+(lrng2h)^2)^0.5/(lrng4h));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofh=pofh+1;
end
'execute'
end
pofh = pofh/sim;

% 'MEMBER 307-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pi = 151.15;
Pni = 789.409;
Myi = 1359.58;
Mzi = 40.44;
Mpi = 64142.6;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1i = logm(Myi)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myi^2))));
sdev1i = sqrt(logm(1+(cov1/(Myi^2))));

```

```

mu2i = logm(Mzi)-(0.5*logm((cov1/(Mzi^2))+1));
sdev2i = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzi^2))));
mu3i = logm(Pi)-(0.5*logm((cov1/(Pi^2))+1));
sdev3i = sqrt(logm(1+(cov1/(Pi^2))));
mu4i = Mpi;
sdev4i = Mpi*cov2;
mu5i = Pni;
sdev5i = Pni*cov2;
%
pofi=0;
for n=1:sim;
lrng1i = lognrnd(mu1i,sdev1i);
lrng2i = lognrnd(mu2i,sdev2i);
lrng3i = lognrnd(mu3i,sdev3i);
lrng4i = normrnd(mu4i,sdev4i);
lrng5i = normrnd(mu5i,sdev5i);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3i/lrng5i));
B = (((lrng1i)^2+(lrng2i)^2)^0.5/(lrng4i));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofi=pofi+1;
end
'execute'
end
pofi = pofi/sim;

```

ARAH 45 DERAJAT

```

% 'MEMBER 207-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 131.90;
Pna = 151.81;
Mya = 273.75;
Mza = 129.13;
Mpa = 9454.9;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofa=pofa+1;
end
'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 207-305'

```



```

sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 131.90;
Pnb = 600.002;
Myb = 273.75;
Mzb = 129.13;
Mpb = 7897.5;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pb^2))));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
    lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
    lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
    lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
    lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
    lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
    B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofb=pofb+1;
    end
    'execute'
end
pofb = pofb/sim;

% 'MEMBER 386-307'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 4.60;
Pnc = 77.391;
Myc = 120.64;
Mzc = 379.07;
Mpc = 4151.5;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);

```

```

    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
    B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofc=pofc+1;
    end
    'execute'
end
pofc = pofc/sim;

% 'MEMBER 320-360'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 1.01;
Pnd = 18.839;
Myd = 55.67;
Mzd = 209.29;
Mpd = 430.8;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofd=pofd+1;
    end
    'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 305-401'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 117.57;
Pne = 155.082;
Mye = 512.24;
Mze = 202.35;
Mpe = 14868.9;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));

```



```

mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
    lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
    lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
    lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
    lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
    B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofe=pofe+1;
    end
    'execute'
end
pofe = pofe/sim;

% 'MEMBER 486-407'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 84.81;
Pnf = 133.675;
Myf = 47.330;
Mzf = 266.54;
Mpf = 4006.2;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
    lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
    lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
    lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
    lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
    lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
    B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        poff=poff+1;
    end
    'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 386-307'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;

```

```

% INPUT MEMBER
Pg = 4.60;
Png = 103.375;
Myg = 120.64;
Mzg = 40.44;
Mpg = 4170.9;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
    lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
    lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
    lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
    B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofg=pofg+1;
    end
    'execute'
end
pofg = pofg/sim;

% 'MEMBER 320-360'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Ph = 1.01;
Pnh = 9.015;
Myh = 55.67;
Mzh = 209.29;
Mph = 360.0;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1h = logm(Myh)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myh^2))));
sdev1h = sqrt(logm(1+(cov1/(Myh^2))));
mu2h = logm(Mzh)-(0.5*logm((cov1/(Mzh^2))+1));
sdev2h = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzh^2))));
mu3h = logm(Ph)-(0.5*logm((cov1/(Ph^2))+1));
sdev3h = sqrt(logm(1+(cov1/(Ph^2))));
mu4h = Mph;
sdev4h = Mph*cov2;
mu5h = Pnh;
sdev5h = Pnh*cov2;
%
pofh=0;
for n=1:sim;
    lrng1h = lognrnd(mu1h,sdev1h);
    lrng2h = lognrnd(mu2h,sdev2h);
    lrng3h = lognrnd(mu3h,sdev3h);
    lrng4h = normrnd(mu4h,sdev4h);
    lrng5h = normrnd(mu5h,sdev5h);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3h/lrng5h));
    B = (((lrng1h)^2+(lrng2h)^2)^0.5/(lrng4h));

```



```

FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofh=pofh+1;
end
'execute'
end
pofh = pofh/sim;

% 'MEMBER 460-405'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pi = 56.39;
Pni = 102.583;
Myi = 207.43;
Mzi = 344.23;
Mpi = 1755.7;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1i = logm(Myi)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myi^2))));
sdev1i = sqrt(logm(1+(cov1/(Myi^2))));
mu2i = logm(Mzi)-(0.5*logm((cov1/(Mzi^2))+1));
sdev2i = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzi^2))));
mu3i = logm(Pi)-(0.5*logm((cov1/(Pi^2))+1));
sdev3i = sqrt(logm(1+(cov1/(Pi^2))));
mu4i = Mpi;
sdev4i = Mpi*cov2;
mu5i = Pni;
sdev5i = Pni*cov2;
%
pofi=0;
for n=1:sim;
lrng1i = lognrnd(mu1i,sdev1i);
lrng2i = lognrnd(mu2i,sdev2i);
lrng3i = lognrnd(mu3i,sdev3i);
lrng4i = normrnd(mu4i,sdev4i);
lrng5i = normrnd(mu5i,sdev5i);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3i/lrng5i));
B = (((lrng1i)^2+(lrng2i)^2)^0.5/(lrng4i));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofi=pofi+1;
end
'execute'
end
pofi = pofi/sim;

```

ARAH 90 DERAJAT

```

% 'MEMBER 207-303'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 62.86;
Pna = 1134.687;
Mya = 462.06;
Mza = 263.03;
Mpa = 741.5;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));

```

```

sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofa=pofa+1;
end
'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 207-303'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 62.86;
Pnb = 131.876;
Myb = 462.06;
Mzb = 263.03;
Mpb = 1908.7;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofb=pofb+1;
end
'execute'
end
pofb = pofb/sim;

% 'MEMBER 303-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER

```



```

Pc = 128.69;
Pnc = 1296.483;
Myc = 450.83;
Mzc = 286.87;
Mpc = 998.1;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
    B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofc=pofc+1;
    end
    'execute'
end
pofc = pofc/sim;
% 'MEMBER 201-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 116.92;
Pnd = 1326.551;
Myd = 506.79;
Mzd = 462.09;
Mpd = 1094.7;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed

```

```

if FM >= 1
    pofd=pofd+1;
end
'execute'
end
pofd = pofd/sim;
% 'MEMBER 305-401'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 117.57;
Pne = 122.680;
Mye = 512.24;
Mze = 202.35;
Mpe = 15077.6;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
    lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
    lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
    lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
    lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
    B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofe=pofe+1;
    end
    'execute'
end
pofe = pofe/sim;
% 'MEMBER 303-307'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 7.92;
Pnf = 218.073;
Myf = 56.43;
Mzf = 122.66;
Mpf = 357.2;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;

```



```

sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
    lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
    lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
    lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
    lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
    lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
    B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        poff=poff+1;
    end
    'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 303-307'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 7.92;
Png = 10.129;
Myg = 56.43;
Mzg = 122.66;
Mpg = 2378.8;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))+1));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))+1));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
    lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
    lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
    lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
    B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofg=pofg+1;
    end
    'execute'
end
pofg = pofg/sim;

% 'MEMBER 360-365'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Ph = 5.82;
Pnh = 67.776;
Myh = 31.88;
Mzh = 227.12;

```

```

Mph = 376.7;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1h = logm(Myh)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myh^2))));
sdev1h = sqrt(logm(1+(cov1/(Myh^2))));
mu2h = logm(Mzh)-(0.5*logm((cov1/(Mzh^2))+1));
sdev2h = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzh^2))+1));
mu3h = logm(Ph)-(0.5*logm((cov1/(Ph^2))+1));
sdev3h = sqrt(logm(1+(cov1/(Ph^2))+1));
mu4h = Mph;
sdev4h = Mph*cov2;
mu5h = Pnh;
sdev5h = Pnh*cov2;
%
pofh=0;
for n=1:sim;
    lrng1h = lognrnd(mu1h,sdev1h);
    lrng2h = lognrnd(mu2h,sdev2h);
    lrng3h = lognrnd(mu3h,sdev3h);
    lrng4h = normrnd(mu4h,sdev4h);
    lrng5h = normrnd(mu5h,sdev5h);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3h/lrng5h));
    B = (((lrng1h)^2+(lrng2h)^2)^0.5/(lrng4h));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofh=pofh+1;
    end
    'execute'
end
pofh = pofh/sim;

```

ARAH 135 DERAJAT

```

% 'MEMBER 201-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 116.92;
Pna = 1178.957;
Mya = 506.79;
Mza = 218.02;
Mpa = 1328.6;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))+1));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))+1));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
    lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
    lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
    lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
    lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
    lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
    B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofa=pofa+1;
    end
end
pofa = pofa/sim;

```



```

end
'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 207-305'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 131.190;
Pnb = 1105.387;
Myb = 273.75;
Mzb = 129.13;
Mpb = 474.8;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pb^2))));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
    lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
    lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
    lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
    lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
    lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
    B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofb=pofb+1;
    end
'execute'
end
pofb = pofb/sim;

% 'MEMBER 305-407'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 138.50;
Pnc = 598.846;
Myc = 476.57;
Mzc = 301.08;
Mpc = 1269.3;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%

```

```

pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
    B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofc=pofc+1;
    end
'execute'
end
pofc = pofc/sim;

% 'MEMBER 312-317'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 6.61;
Pnd = 61.789;
Myd = 140.61;
Mzd = 332.44;
Mpd = 795.5;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofd=pofd+1;
    end
'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 320-360'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 1.01;
Pne = 11.941;
Mye = 55.67;
Mze = 209.29;
Mpe = 447.7;
pi = 3.14

```



```

%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
    lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
    lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
    lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
    lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
    B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofe=pofe+1;
    end
    'execute'
end
pofe = pofe/sim;

% 'MEMBER 497-416'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 89.46;
Pnf = 207.139;
Myf = 191.95;
Mzf = 127.35;
Mpf = 492.3;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
    lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
    lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
    lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
    lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
    lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
    B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        poff=poff+1;
    end
    'execute'
end
poff = poff/sim;

```

```

% 'MEMBER 412-497'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 90.06;
Png = 299.465;
Myg = 219.77;
Mzg = 118.65;
Mpg = 585.2;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
    lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
    lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
    lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
    B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofg=pofg+1;
    end
    'execute'
end
pofg = pofg/sim;

% 'MEMBER 410-412'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Ph = 87.74;
Pnh = 331.836;
Myh = 173.35;
Mzh = 24.20;
Mph = 318.6;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1h = logm(Myh)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myh^2))));
sdev1h = sqrt(logm(1+(cov1/(Myh^2))));
mu2h = logm(Mzh)-(0.5*logm((cov1/(Mzh^2))+1));
sdev2h = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzh^2))));
mu3h = logm(Ph)-(0.5*logm((cov1/(Ph^2))+1));
sdev3h = sqrt(logm(1+(cov1/(Ph^2))));
mu4h = Mph;
sdev4h = Mph*cov2;
mu5h = Pnh;
sdev5h = Pnh*cov2;
%
pofh=0;
for n=1:sim;
    lrng1h = lognrnd(mu1h,sdev1h);
    lrng2h = lognrnd(mu2h,sdev2h);

```



```

lrng3h = lognrnd(mu3h,sdev3h);
lrng4h = normrnd(mu4h,sdev4h);
lrng5h = normrnd(mu5h,sdev5h);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3h/lrng5h));
B = (((lrng1h)^2+(lrng2h)^2)^0.5/(lrng4h));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofh=pofh+1;
end
'execute'
end
pofh = pofh/sim;

```

ARAH 180 DERAJAT

```

% 'MEMBER 305-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 138.50;
Pna = 1020.446;
Mya = 476.57;
Mza = 301.08;
Mpa = 866.8;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))+1));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))+1));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofa=pofa+1;
end
'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 305-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 138.50;
Pnb = 300.310;
Myb = 476.57;
Mzb = 301.08;
Mpb = 15411;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----

```

```

mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))+1));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pb^2))+1));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofb=pofb+1;
end
'execute'
end
pofb = pofb/sim;

```

```

% 'MEMBER 207-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 131.90;
Pnc = 1310.767;
Myc = 476.57;
Mzc = 273.75;
Mpc = 745.5;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))+1));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))+1));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofc=pofc+1;
end
'execute'
end
pofc = pofc/sim;

```

```

% 'MEMBER 301-310'

```



```

sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 0.18;
Pnd = 261.811;
Myd = 336.20;
Mzd = 434.11;
Mpd = 803.6;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofd=pofd+1;
    end
    'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 310-312'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 2.33;
Pne = 121.752;
Mye = 5.73;
Mze = 100.02;
Mpe = 431.0;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
    lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
    lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
    lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);

```

```

    lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
    B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofe=pofe+1;
    end
    'execute'
end
pofe = pofe/sim;

% 'MEMBER 312-317'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 6.61;
Pnf = 215.305;
Myf = 140.61;
Mzf = 332.44;
Mpf = 665.2;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
    lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
    lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
    lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
    lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
    lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
    B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        poff=poff+1;
    end
    'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 386-307'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 4.6;
Png = 275.075;
Myg = 120.64;
Mzg = 379.07;
Mpg = 695.1;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));

```



```

mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
    lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
    lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
    lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
    B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofg=pofg+1;
    end
    'execute'
end
pofg = pofg/sim;

```

ARAH 225 DERAJAT

```

% 'MEMBER 201-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 116.92;
Pna = 218.237;
Mya = 506.797;
Mza = 218.02;
Mpa = 8860.2;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
    lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
    lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
    lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
    lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
    lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
    B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofa=pofa+1;
    end
    'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 305-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN

```

```

cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 138.50;
Pnb = 1052.76;
Myb = 476.57;
Mzb = 301.08;
Mpb = 1106.03;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pb^2))));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
    lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
    lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
    lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
    lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
    lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
    B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofb=pofb+1;
    end
    'execute'
end
pofb = pofb/sim;

% 'MEMBER 201-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 131.90;
Pnc = 190.994;
Myc = 476.57;
Mzc = 273.75;
Mpc = 1812.00;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));

```



```

B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofc=pofc+1;
end
'execute'
end
pofc = pofc/sim;

% 'MEMBER 305-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 138.5;
Pnd = 1320.75;
Myd = 476.57;
Mzd = 301.08;
Mpd = 1208.9;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofd=pofd+1;
end
'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 320-360'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 1.01;
Pne = 36.995;
Mye = 55.67;
Mze = 209.29;
Mpe = 515.8;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));

```

```

mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofe=pofe+1;
end
'execute'
end
pofe = pofe/sim;

% 'MEMBER 301-320'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 1;
Pnf = 33.069;
Myf = 125.46;
Mzf = 332.44;
Mpf = 616.5;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
poff=poff+1;
end
'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 327-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 7.55;

```



```

Png = 25.929;
Myg = 318.32;
Mzg = 189.25;
Mpg = 878.3;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
    lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
    lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
    lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
    B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofg=pofg+1;
    end
    'execute'
end
pofg = pofg/sim;

% 'MEMBER 434-460'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Ph = 81.56;
Pnh = 250.591;
Myh = 123.07;
Mzh = 30.78;
Mph = 567.7;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1h = logm(Myh)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myh^2))));
sdev1h = sqrt(logm(1+(cov1/(Myh^2))));
mu2h = logm(Mzh)-(0.5*logm((cov1/(Mzh^2))+1));
sdev2h = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzh^2))));
mu3h = logm(Ph)-(0.5*logm((cov1/(Ph^2))+1));
sdev3h = sqrt(logm(1+(cov1/(Ph^2))));
mu4h = Mph;
sdev4h = Mph*cov2;
mu5h = Pnh;
sdev5h = Pnh*cov2;
%
pofh=0;
for n=1:sim;
    lrng1h = lognrnd(mu1h,sdev1h);
    lrng2h = lognrnd(mu2h,sdev2h);
    lrng3h = lognrnd(mu3h,sdev3h);
    lrng4h = normrnd(mu4h,sdev4h);
    lrng5h = normrnd(mu5h,sdev5h);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3h/lrng5h));
    B = (((lrng1h)^2+(lrng2h)^2)^0.5/(lrng4h));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
    if FM >= 1

```

```

pofh=pofh+1;
end
'execute'
end
pofh = pofh/sim;

```

ARAH 270 DERAJAT

```

% 'MEMBER 201-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 116.92;
Pna = 1190.402;
Mya = 506.79;
Mza = 218.02;
Mpa = 1504;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
    lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
    lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
    lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
    lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
    lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
    B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofa=pofa+1;
    end
    'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 201-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 116.92;
Pnb = 165.763;
Myb = 506.79;
Mzb = 218.02;
Mpb = 9915.3;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pb^2))));
mu4b = MPb;
sdev4b = MPb*cov2;

```



```

mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
    lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
    lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
    lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
    lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
    lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
    B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofb=pofb+1;
    end
    'execute'
end
pofb = pofb/sim;

% 'MEMBER 207-303'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 62.86;
Pnc = 1313.426;
Myc = 462.06;
Mzc = 263.63;
Mpc = 1555.7;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
    B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofc=pofc+1;
    end
    'execute'
end
pofc = pofc/sim;

% 'MEMBER 327-305'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 7.55;
Pnd = 31.115;
Myd = 318.32;

```

```

Mzd = 189.25;
Mpd = 1351.5;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofd=pofd+1;
    end
    'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 305-401'
sim = 100000;
% COEFFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 117.57;
Pne = 1265.472;
Mye = 512.24;
Mze = 202.35;
Mpe = 1013.8;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);
    lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
    lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
    lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
    lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
    B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofe=pofe+1;
    end
    'execute'
end
pofe = pofe/sim;

```



```

'execute'
end
pofe = pofe/sim;

% 'MEMBER 327-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 7.55;
Pnf = 31.115;
Myf = 318.32;
Mzf = 189.25;
Mpf = 1351.5;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm((cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm((cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
    lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
    lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
    lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
    lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
    lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
    B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        poff=poff+1;
    end
end
'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 305-401'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 117.57;
Png = 1437.286;
Myg = 512.24;
Mzg = 202.35;
Mpg = 2473.6;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));
sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm((cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm((cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;

```

```

for n=1:sim;
    lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
    lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
    lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
    lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
    lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
    B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofg=pofg+1;
    end
end
'execute'
end
pofg = pofg/sim;

```

ARAH 315 DERAJAT

```

% 'MEMBER 303-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pa = 128.69;
Pna = 614.542;
Mya = 450.83;
Mza = 286.87;
Mpa = 977.2;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1a = logm(Mya)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mya^2))));
sdev1a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mya^2))));
mu2a = logm(Mza)-(0.5*logm((cov1/(Mza^2))+1));
sdev2a = sqrt(logm(1+(cov1/(Mza^2))));
mu3a = logm(Pa)-(0.5*logm((cov1/(Pa^2))+1));
sdev3a = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4a = Mpa;
sdev4a = Mpa*cov2;
mu5a = Pna;
sdev5a = Pna*cov2;
%
pofa=0;
for n=1:sim;
    lrng1a = lognrnd(mu1a,sdev1a);
    lrng2a = lognrnd(mu2a,sdev2a);
    lrng3a = lognrnd(mu3a,sdev3a);
    lrng4a = normrnd(mu4a,sdev4a);
    lrng5a = normrnd(mu5a,sdev5a);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3a/lrng5a));
    B = (((lrng1a)^2+(lrng2a)^2)^0.5/(lrng4a));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofa=pofa+1;
    end
end
'execute'
end
pofa = pofa/sim;

% 'MEMBER 303-407'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pb = 128.69;
Pnb = 590.165;
Myb = 450.83;
Mzb = 286.87;
Mpb = 1037.5;

```



```

pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1b = logm(Myb)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myb^2))));
sdev1b = sqrt(logm(1+(cov1/(Myb^2))));
mu2b = logm(Mzb)-(0.5*logm((cov1/(Mzb^2))+1));
sdev2b = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzb^2))));
mu3b = logm(Pb)-(0.5*logm((cov1/(Pb^2))+1));
sdev3b = sqrt(logm(1+(cov1/(Pa^2))));
mu4b = Mpb;
sdev4b = Mpb*cov2;
mu5b = Pnb;
sdev5b = Pnb*cov2;
%
pofb=0;
for n=1:sim;
    lrng1b = lognrnd(mu1b,sdev1b);
    lrng2b = lognrnd(mu2b,sdev2b);
    lrng3b = lognrnd(mu3b,sdev3b);
    lrng4b = normrnd(mu4b,sdev4b);
    lrng5b = normrnd(mu5b,sdev5b);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3b/lrng5b));
    B = (((lrng1b)^2+(lrng2b)^2)^0.5/(lrng4b));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofb=pofb+1;
    end
    'execute'
end
pofb = pofb/sim;

% 'MEMBER 303-401'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pc = 116.02;
Pnc = 350.492;
Myc = 515.43;
Mzc = 140.74;
Mpc = 1009.1;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1c = logm(Myc)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myc^2))));
sdev1c = sqrt(logm(1+(cov1/(Myc^2))));
mu2c = logm(Mzc)-(0.5*logm((cov1/(Mzc^2))+1));
sdev2c = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzc^2))));
mu3c = logm(Pc)-(0.5*logm((cov1/(Pc^2))+1));
sdev3c = sqrt(logm(1+(cov1/(Pc^2))));
mu4c = Mpc;
sdev4c = Mpc*cov2;
mu5c = Pnc;
sdev5c = Pnc*cov2;
%
pofc=0;
for n=1:sim;
    lrng1c = lognrnd(mu1c,sdev1c);
    lrng2c = lognrnd(mu2c,sdev2c);
    lrng3c = lognrnd(mu3c,sdev3c);
    lrng4c = normrnd(mu4c,sdev4c);
    lrng5c = normrnd(mu5c,sdev5c);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3c/lrng5c));
    B = (((lrng1c)^2+(lrng2c)^2)^0.5/(lrng4c));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofc=pofc+1;
    end
    'execute'
end

```

```

pofc = pofc/sim;

% 'MEMBER 207-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pd = 131.9;
Pnd = 460.547;
Myd = 273.75;
Mzd = 129.13;
Mpd = 871.1;
pi = 3.14;
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1d = logm(Myd)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myd^2))));
sdev1d = sqrt(logm(1+(cov1/(Myd^2))));
mu2d = logm(Mzd)-(0.5*logm((cov1/(Mzd^2))+1));
sdev2d = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzd^2))));
mu3d = logm(Pd)-(0.5*logm((cov1/(Pd^2))+1));
sdev3d = sqrt(logm(1+(cov1/(Pd^2))));
mu4d = Mpd;
sdev4d = Mpd*cov2;
mu5d = Pnd;
sdev5d = Pnd*cov2;
%
pofd=0;
for n=1:sim;
    lrng1d = lognrnd(mu1d,sdev1d);
    lrng2d = lognrnd(mu2d,sdev2d);
    lrng3d = lognrnd(mu3d,sdev3d);
    lrng4d = normrnd(mu4d,sdev4d);
    lrng5d = normrnd(mu5d,sdev5d);
    A = 1-cos((pi/2)*(lrng3d/lrng5d));
    B = (((lrng1d)^2+(lrng2d)^2)^0.5/(lrng4d));
    FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
    the plastic hinge is formed
    if FM >= 1
        pofd=pofd+1;
    end
    'execute'
end
pofd = pofd/sim;

% 'MEMBER 312-317'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pe = 6.61;
Pne = 23.764;
Mye = 140.61;
Mze = 332.44;
Mpe = 615.3;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1e = logm(Mye)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mye^2))));
sdev1e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mye^2))));
mu2e = logm(Mze)-(0.5*logm((cov1/(Mze^2))+1));
sdev2e = sqrt(logm(1+(cov1/(Mze^2))));
mu3e = logm(Pe)-(0.5*logm((cov1/(Pe^2))+1));
sdev3e = sqrt(logm(1+(cov1/(Pe^2))));
mu4e = Mpe;
sdev4e = Mpe*cov2;
mu5e = Pne;
sdev5e = Pne*cov2;
%
pofe=0;
for n=1:sim;
    lrng1e = lognrnd(mu1e,sdev1e);

```



```

lrng2e = lognrnd(mu2e,sdev2e);
lrng3e = lognrnd(mu3e,sdev3e);
lrng4e = normrnd(mu4e,sdev4e);
lrng5e = normrnd(mu5e,sdev5e);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3e/lrng5e));
B = (((lrng1e)^2+(lrng2e)^2)^0.5/(lrng4e));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofe=pofe+1;
end
'execute'
end
pofe = pofe/sim;

% 'MEMBER 327-305'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pf = 7.55;
Pnf = 10.365;
Myf = 318.32;
Mzf = 189.25;
Mpf = 1885.3;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1f = logm(Myf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myf^2))));
sdev1f = sqrt(logm(1+(cov1/(Myf^2))));
mu2f = logm(Mzf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mzf^2))+1));
sdev2f = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzf^2))));
mu3f = logm(Pf)-(0.5*logm(1+(cov1/(Pf^2))+1));
sdev3f = sqrt(logm(1+(cov1/(Pf^2))));
mu4f = Mpf;
sdev4f = Mpf*cov2;
mu5f = Pnf;
sdev5f = Pnf*cov2;
%
poff=0;
for n=1:sim;
lrng1f = lognrnd(mu1f,sdev1f);
lrng2f = lognrnd(mu2f,sdev2f);
lrng3f = lognrnd(mu3f,sdev3f);
lrng4f = normrnd(mu4f,sdev4f);
lrng5f = normrnd(mu5f,sdev5f);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3f/lrng5f));
B = (((lrng1f)^2+(lrng2f)^2)^0.5/(lrng4f));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
poff=poff+1;
end
'execute'
end
poff = poff/sim;

% 'MEMBER 207-303'
sim = 100000;
% COEFICIENT OF VARIAN
cov1 = 0.3;
cov2 = 0.15;
% INPUT MEMBER
Pg = 62.86;
Png = 1090.082;
Myg = 462.06;
Mzg = 118.65;
Mpg = 571;
pi = 3.14
%
% MEAN DAN STANDAR DEVIASI-----
mu1g = logm(Myg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Myg^2))));

```

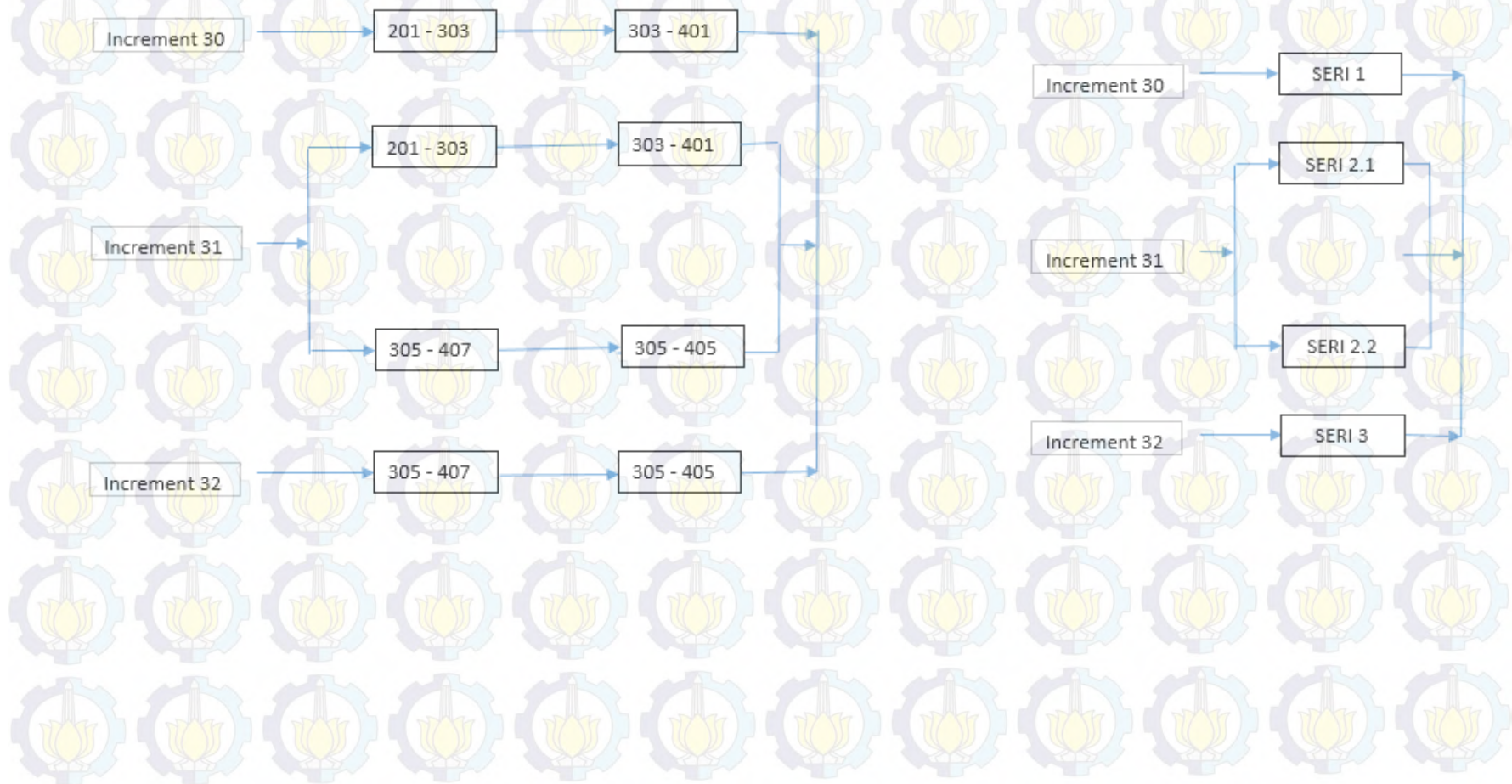
```

sdev1g = sqrt(logm(1+(cov1/(Myg^2))));
mu2g = logm(Mzg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Mzg^2))+1));
sdev2g = sqrt(logm(1+(cov1/(Mzg^2))));
mu3g = logm(Pg)-(0.5*logm(1+(cov1/(Pg^2))+1));
sdev3g = sqrt(logm(1+(cov1/(Pg^2))));
mu4g = Mpg;
sdev4g = Mpg*cov2;
mu5g = Png;
sdev5g = Png*cov2;
%
pofg=0;
for n=1:sim;
lrng1g = lognrnd(mu1g,sdev1g);
lrng2g = lognrnd(mu2g,sdev2g);
lrng3g = lognrnd(mu3g,sdev3g);
lrng4g = normrnd(mu4g,sdev4g);
lrng5g = normrnd(mu5g,sdev5g);
A = 1-cos((pi/2)*(lrng3g/lrng5g));
B = (((lrng1g)^2+(lrng2g)^2)^0.5/(lrng4g));
FM = A+B; % if FM value is greater than or equal to 1, then
the plastic hinge is formed
if FM >= 1
pofg=pofg+1;
end
'execute'
end
pofg = pofg/sim;

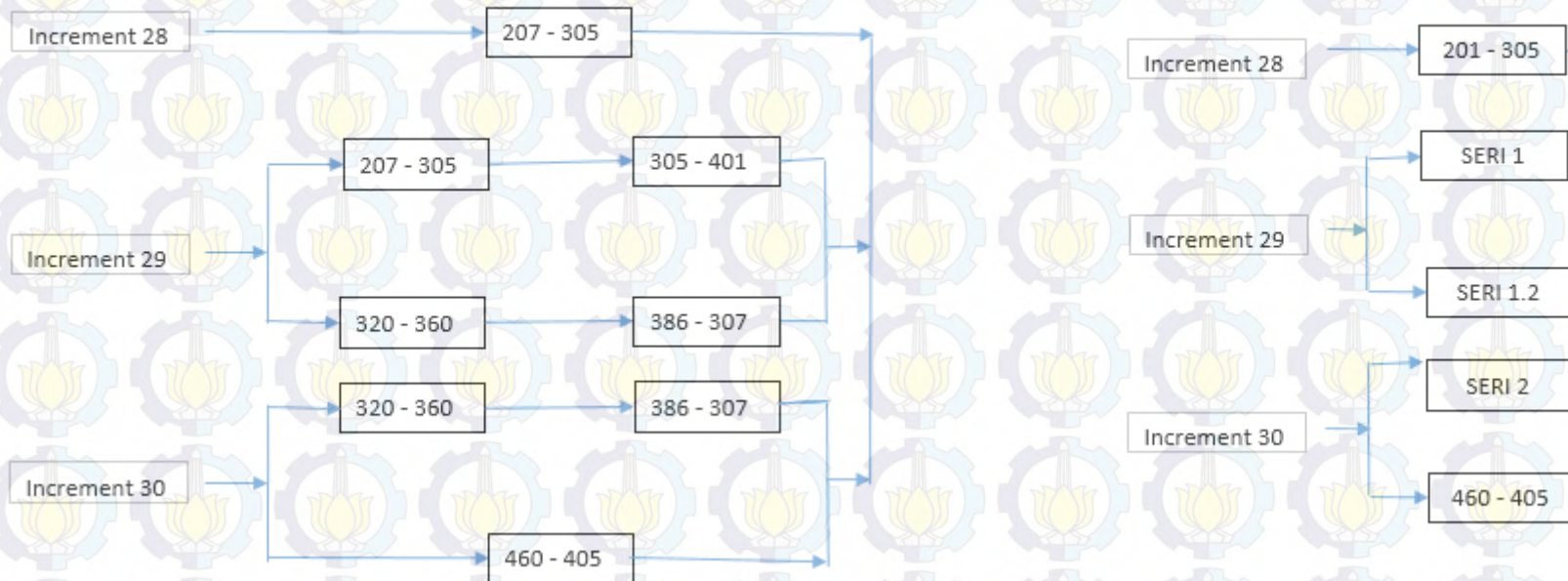
```


RELIABILITY BLOCK DIAGRAM

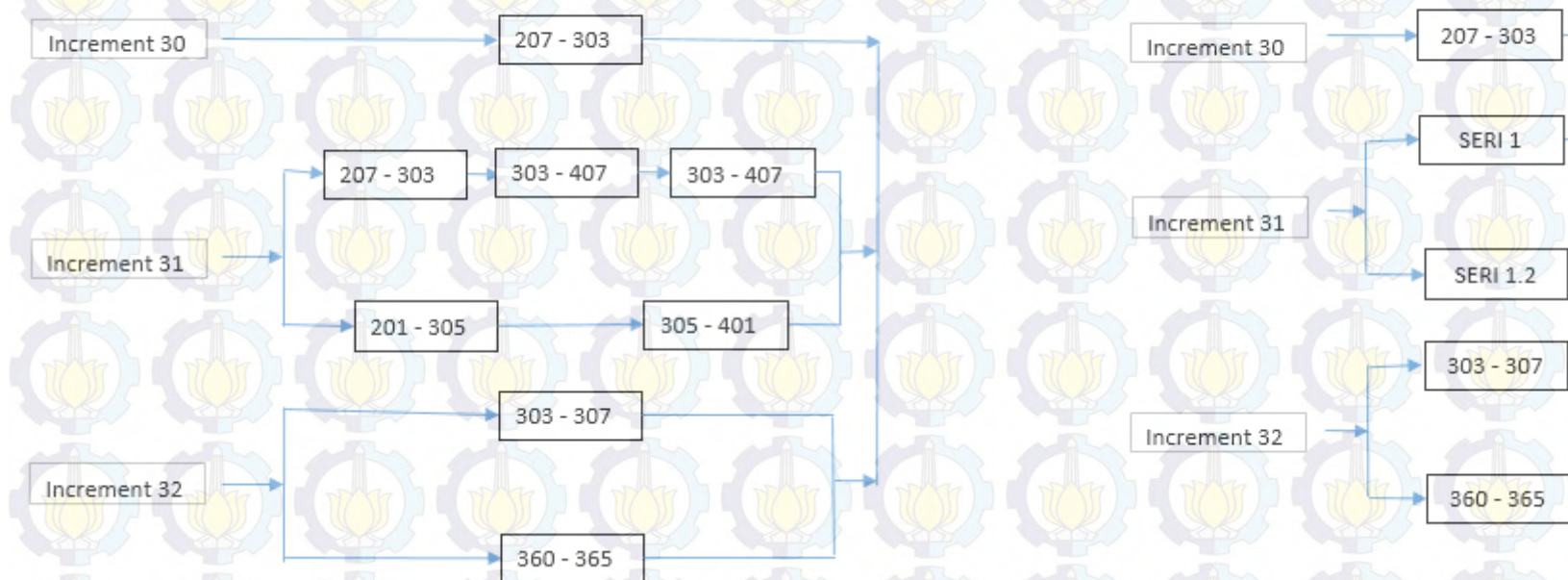
RBD 0 derajat



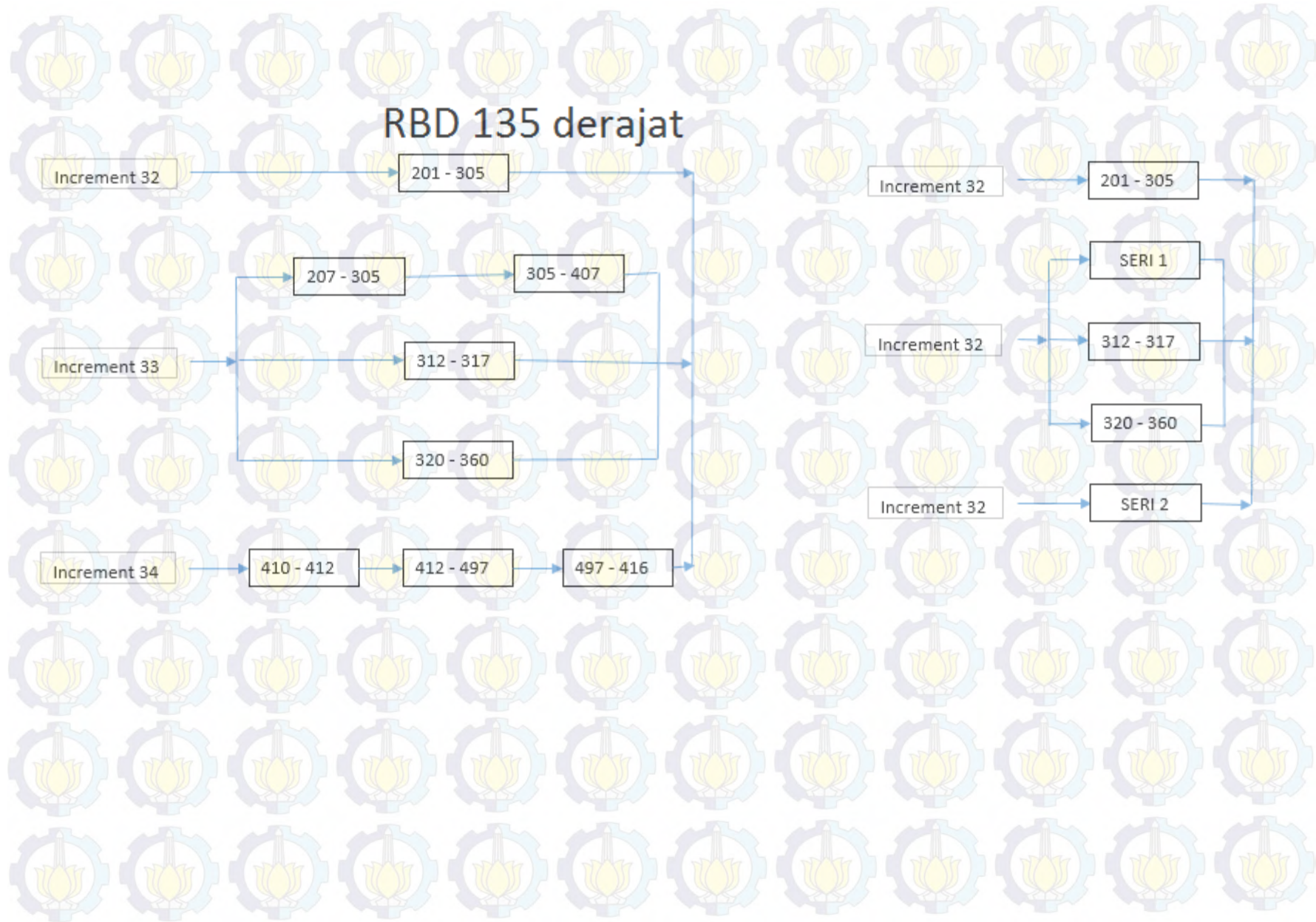
RBD 45 derajat



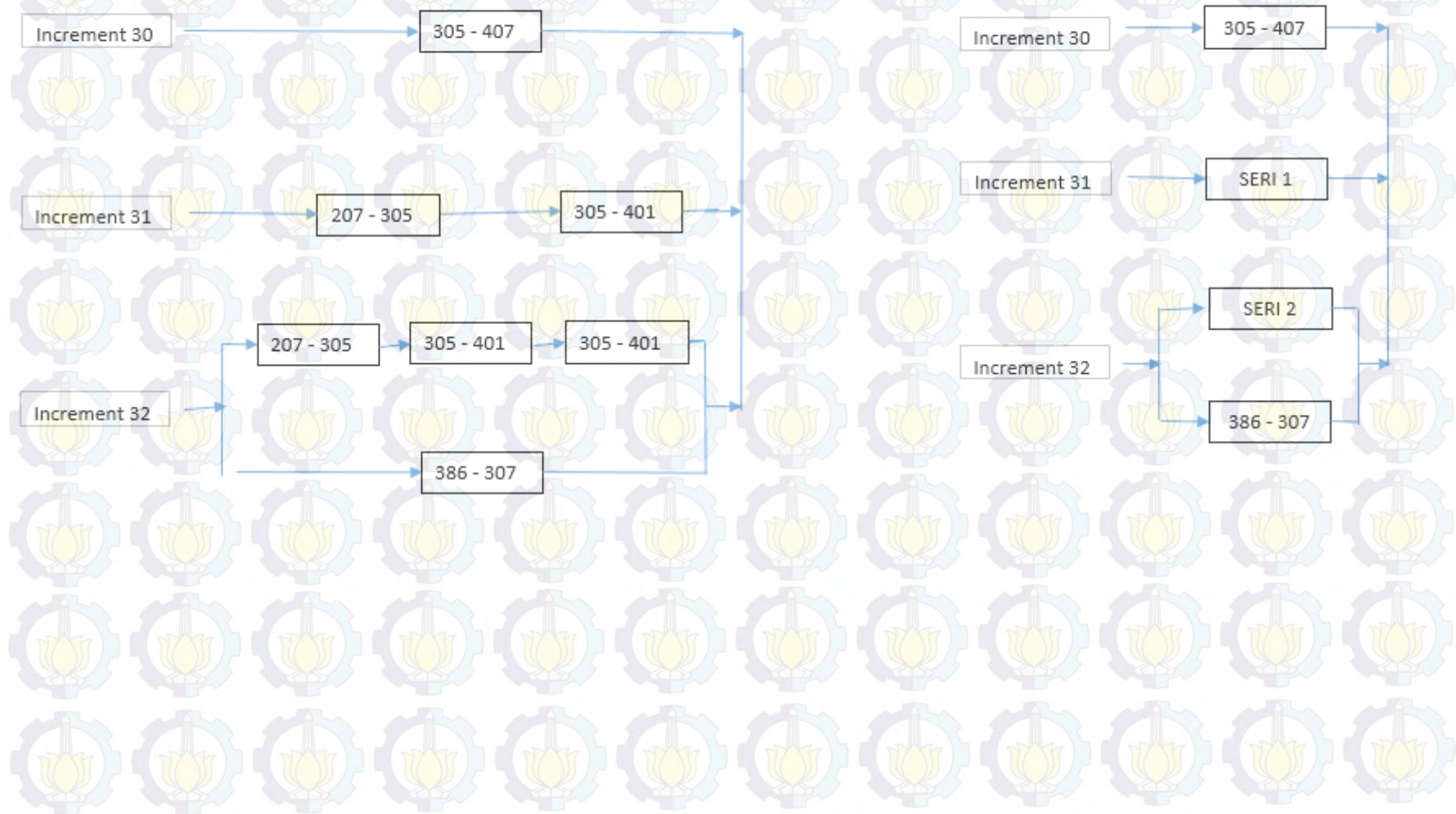
RBD 90 derajat



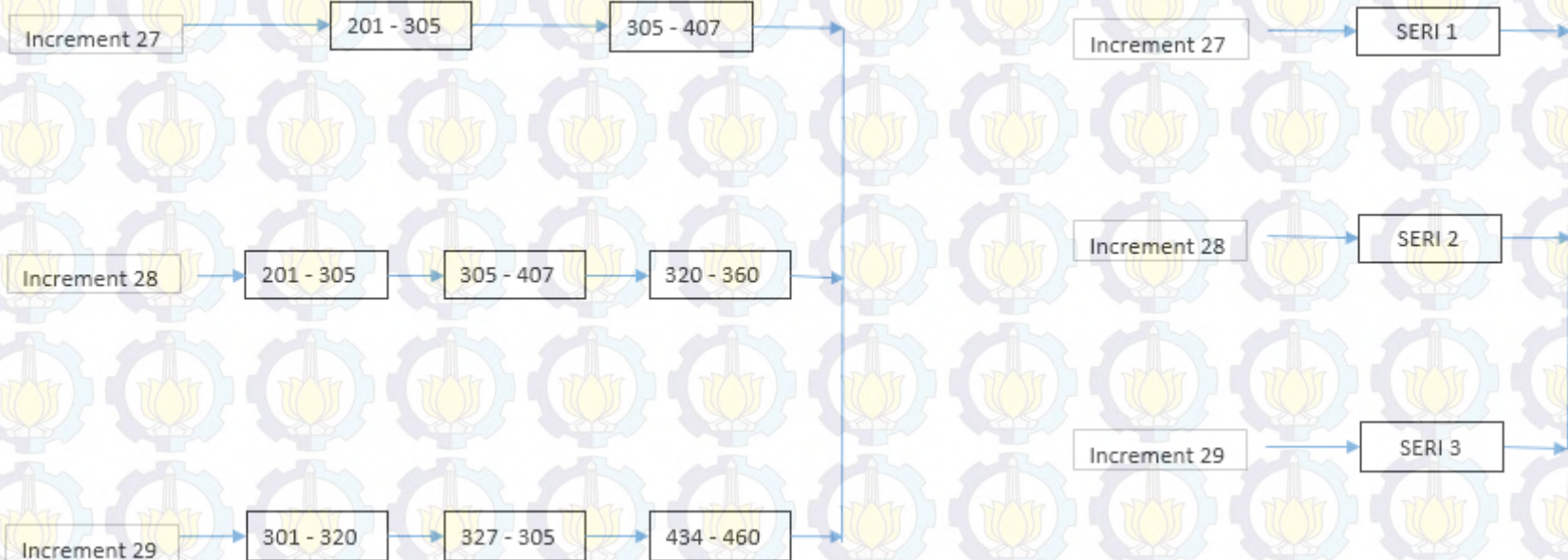
RBD 135 derajat



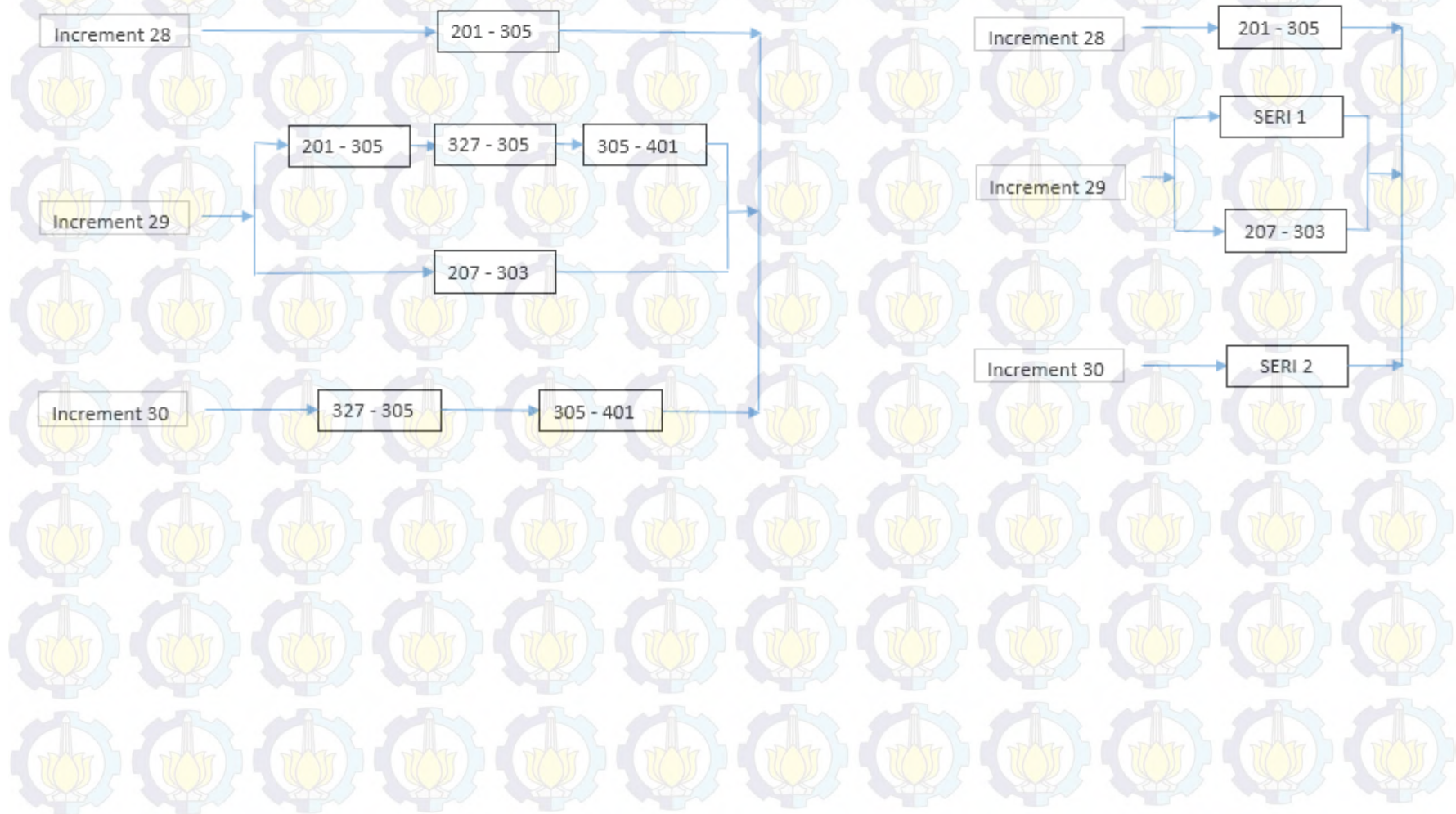
RBD 180 derajat



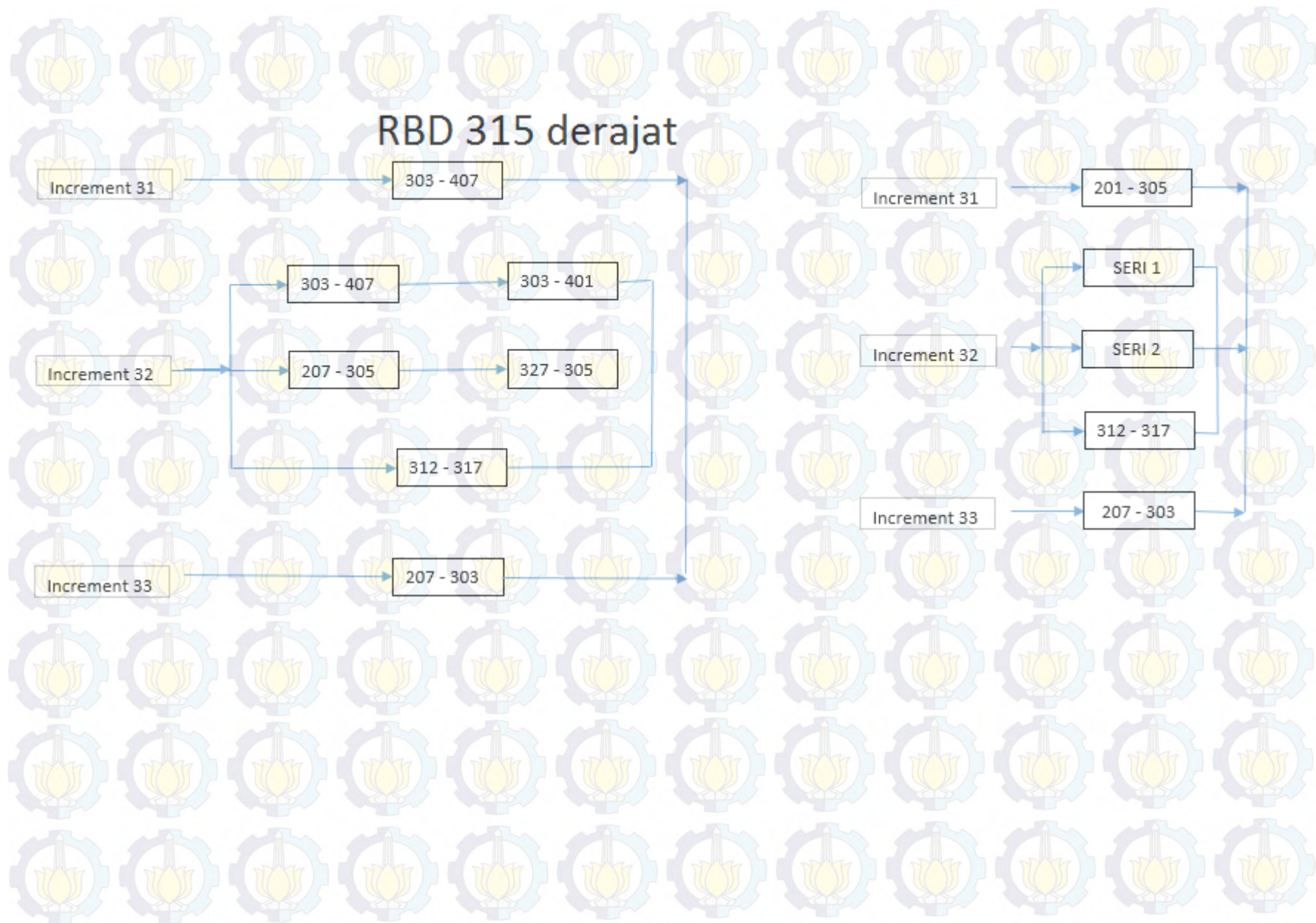
RBD 225 derajat



RBD 270 derajat



RBD 315 derajat



PERHITUNGAN KEANDALAN

| Probability of Failure (PoF) 0 degree | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 30 | 14.34 | 201-303 | 25 | 0.00016 | 0.99984 |
| 30 | 14.34 | 303-401 | 25 | 0.00000 | 1.00000 |
| 31 | 14.92 | 201-303 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 31 | 14.92 | 303-401 | 100 | 0.00083 | 0.99917 |
| 31 | 14.92 | 305-407 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 31 | 14.92 | 305-405 | 50 | 0.00052 | 0.99948 |
| 31 | 14.92 | 307-407 | 75 | 0.00000 | 1.00000 |
| 32 | 15.50 | 305-405 | 100 | 0.00950 | 0.99050 |
| 32 | 15.50 | 307-407 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |

KENDALAN SISTEM ARAH 0 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

$$\text{SERI 1} = K(201-303) \times K(303-401)$$

$$= 0.97700 \times 0.99999$$

$$= 0.99984$$

$$\text{SERI 2.1} = K(201-303) \times K(303-401)$$

$$= 1.00000 \times 0.99917$$

$$= 0.99917$$

$$\text{SERI 2.2} = K(305-407) \times K(305-405) \times K(307-407)$$

$$= 1.00000 \times 0.99948 \times 1.00000$$

$$= 0.99948$$

$$\text{SERI 3} = K(305-405) \times K(307-407)$$

$$= 0.99050 \times 1.00000$$

$$= 0.99050$$

$$\text{KEANDALAN SISTEM} = 1 - [(1 - K(\text{SERI 1})) \times (1 - K(\text{SERI 2.1})) \times (1 - K(\text{SERI 2.2})) \times (1 - K(\text{SERI 3}))]$$

$$= 1 - [(1 - 0.99984) \times (1 - 0.99917) \times (1 - 0.99948) \times (1 - 0.99050)]$$

$$= 9.999999999934\text{E-01}$$

$$\text{KEGAGALAN SISTEM} = 1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$$

$$= 1 - 0.9999999999934\text{E-01}$$

$$= 6.56\text{E-13}$$

| Probability of Failure (PoF) 90 degree | | | | | |
|----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 30 | 14.34 | 207-303 | 50 | 0.03080 | 0.96920 |
| 31 | 14.92 | 207-303 | 100 | 0.00310 | 0.99690 |
| 31 | 14.92 | 303-407 | 100 | 0.00130 | 0.99870 |
| 31 | 14.92 | 201-305 | 100 | 0.00720 | 0.99280 |
| 31 | 14.92 | 305-401 | 100 | 0.22910 | 0.77090 |
| 31 | 14.92 | 303-307 | 75 | 0.00001 | 0.99999 |
| 32 | 15.50 | 303-307 | 100 | 0.12060 | 0.87940 |
| 32 | 15.50 | 360-365 | 100 | 0.00560 | 0.99440 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 90 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

$$\text{SERI 1} = K(207-303) \times K(303-407) \times K(303-307)$$

$$= 0.99559$$

$$\text{SERI 1.2} = K(201-305) \times K(305-401)$$

$$= 0.76535$$

$$\text{KEANDALAN SISTEM} = 1 - [(1 - K(207-303)) \times (1 - K(\text{SERI 1})) \times (1 - K(\text{SERI 1.2}))$$

$$\times (1 - K(0.87940)) \times (1 - K(0.99440))]$$

$$= 9.999999785\text{E-}01$$

$$\text{KEGAGALAN SISTEM} = 1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$$

$$= 2.15\text{E-}08$$

| Probability of Failure (PoF) 180 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 30 | 14.34 | 305-407 | 50 | 0.01320 | 0.98680 |
| 31 | 14.92 | 305-407 | 100 | 0.00030 | 0.99970 |
| 31 | 14.92 | 207-305 | 100 | 0.05020 | 0.94980 |
| 32 | 15.50 | 301-310 | 100 | 0.01780 | 0.98220 |
| 32 | 15.50 | 310-312 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 32 | 15.50 | 312-317 | 100 | 0.00120 | 0.99880 |
| 32 | 15.50 | 386-307 | 100 | 0.00250 | 0.99750 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 180 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

$$\text{SERI 1} = K(305-407) \times K(207-305) \\ = 0.94952$$

$$\text{SERI 2} = K(497-416) \times K(412-497) \times K(410-412) \\ = 0.98102$$

$$\text{KEANDALAN SISTEM} = 1 - [(1 - K(201-305)) \times (1 - K(\text{SERI 1})) \times (1 - K(\text{SERI 2}))] \\ = 0.999999968$$

$$\text{KEGAGALAN SISTEM} = 1 - \text{KEANDALAN SISTEM} \\ = 3.16\text{E-}08$$

| Probability of Failure (PoF) 270 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 28 | 13.18 | 201-305 | 50 | 0.00001 | 0.99999 |
| 29 | 13.76 | 201-305 | 100 | 0.03760 | 0.96240 |
| 29 | 13.76 | 207-303 | 100 | 0.00001 | 0.99999 |
| 29 | 13.76 | 327-305 | 75 | 0.00001 | 0.99999 |
| 29 | 13.76 | 305-401 | 75 | 0.00130 | 0.99870 |
| 30 | 14.34 | 327-305 | 100 | 0.05100 | 0.94900 |
| 30 | 14.34 | 305-401 | 100 | 0.00470 | 0.99530 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 270 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

$$\text{SERI 1} = K(201-305) \times K(207-305) \times K(327-305) \times K(305-401)$$

$$= 0.96114$$

$$\text{SERI 2} = K(327-305) \times K(305-401)$$

$$= 0.94454$$

$$\text{KEANDALAN SISTEM} = 1 - [(1 - K(201-305)) \times (1 - K(\text{SERI 1})) \times (1 - K(\text{SERI 2}))]$$

$$= 9.9999999999785\text{E-}01$$

$$\text{KEGAGALAN SISTEM} = 1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$$

$$= 2.15\text{E-}13$$

| Probability of Failure (PoF) 45 degree | | | | | |
|----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 28 | 13.18 | 207-305 | 75 | 0.22650 | 0.77350 |
| 29 | 13.76 | 207-305 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 29 | 13.76 | 386-307 | 75 | 0.00000 | 1.00000 |
| 29 | 13.76 | 320-360 | 75 | 0.00054 | 0.99946 |
| 29 | 13.76 | 305-401 | 100 | 0.06820 | 0.93180 |
| 29 | 13.76 | 486-407 | 100 | 0.01240 | 0.98760 |
| 30 | 14.34 | 386-307 | 100 | 0.00000 | 1.00000 |
| 30 | 14.34 | 320-360 | 100 | 0.00620 | 0.99380 |
| 30 | 14.34 | 460-405 | 100 | 0.01000 | 0.99000 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 45 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

SERI 1 = $K(207-305) \times K(386-307) \times K(320-360) \times K(305-401)$

= 0.93130

SERI 2 = $K(386-307) \times K(320-360)$

= 0.99380

KEANDALAN SISTEM = $1 - [(1 - K(207-305)) \times (1 - K(SERI 1)) \times (1 - K(486-407)) \times (1 - K(SERI 2)) \times (1 - K(460-405))]$
= 9.999998804E-01

KEGAGALAN SISTEM = $1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$
= 1.20E-08

| Probability of Failure (PoF) 135 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 32 | 15.50 | 201-305 | 100 | 0.00005 | 0.99995 |
| 33 | 16.08 | 207-305 | 100 | 0.00990 | 0.99010 |
| 33 | 16.08 | 305-407 | 100 | 0.00009 | 0.99991 |
| 33 | 16.08 | 312-317 | 100 | 0.10200 | 0.89800 |
| 33 | 16.08 | 320-360 | 100 | 0.00039 | 0.99961 |
| 34 | 16.66 | 497-416 | 100 | 0.01740 | 0.98260 |
| 34 | 16.66 | 412-497 | 100 | 0.00049 | 0.99951 |
| 34 | 16.66 | 410-412 | 100 | 0.00500 | 0.99500 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 135 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

SERI 1 = $K(207-305) \times K(305-407)$

= 0.99001

SERI 2 = $K(497-416) \times K(412-497) \times K(410-412)$

= 0.97721

KEANDALAN SISTEM

= $1 - [(1-K(201-305)) \times (1 - K(SERI 1)) \times (1-K(312-317))$

$\times (1-K(320-360) \times (1-K(SERI 2))$

= 9.9999999999547E-01

KEGAGALAN SISTEM

= $1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$

= 4.53E-13

| Probability of Failure (PoF) 225 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------|---------|---------|---------|-----------|
| Increment | Load | Member | Plastic | PoF | Keandalan |
| 27 | 12.60 | 201-305 | 75 | 0.00160 | 0.99840 |
| 27 | 12.60 | 305-407 | 50 | 0.00082 | 0.99918 |
| 28 | 13.18 | 201-305 | 100 | 0.03740 | 0.96260 |
| 28 | 13.18 | 305-407 | 100 | 0.00020 | 0.99980 |
| 28 | 13.18 | 320-360 | 100 | 0.00010 | 0.99990 |
| 29 | 13.76 | 301-320 | 100 | 0.00250 | 0.99750 |
| 29 | 13.76 | 327-305 | 100 | 0.00052 | 0.99948 |
| 29 | 13.76 | 434-460 | 100 | 0.01010 | 0.98990 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 225 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

$$\text{SERI 1} = K(201-305) \times K(305-407)$$

$$= 0.99758$$

$$\text{SERI 2} = K(201-305) \times K(305-407) \times K(320-360)$$

$$= 0.96241$$

$$\text{SERI 3} = K(301-320) \times K(327-305) \times K(434-460)$$

$$= 0.98691$$

$$\text{KEANDALAN SISTEM} = 1 - [(1 - K(\text{SERI 1})) \times (1 - K(\text{SERI 2})) \times (1 - K(\text{SERI 3}))]$$

$$= 0.999999991$$

$$\text{KEGAGALAN SISTEM} = 1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$$

$$= 9.09\text{E-}09$$

| Probability of Failure (PoF) 315 degree | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|--------|-----------|
| Increment | Load Factor | Member Plasticity | Plastic Ratio (%) | PoF | Keandalan |
| 31 | 14.92 | 303-407 | 50 | 0.0027 | 0.9973 |
| 32 | 15.50 | 303-407 | 100 | 0.0014 | 0.9986 |
| 32 | 15.50 | 303-401 | 100 | 0.0015 | 0.9985 |
| 32 | 15.50 | 207-305 | 100 | 0.0000 | 1.0000 |
| 32 | 15.50 | 312-317 | 100 | 0.0126 | 0.9874 |
| 32 | 15.50 | 327-305 | 100 | 0.1600 | 0.8400 |
| 33 | 16.08 | 207-303 | 100 | 0.1426 | 0.8574 |

KEANDALAN SISTEM ARAH 315 Derajat

KEANDALAN SISTEM SERI

SERI 1 = $K(303-407) \times K(405-470)$

= 0.99710

SERI 2 = $K(303-470) \times K(207-305) \times K(312-317) \times K(327-305)$

= 0.83998

KEANDALAN SISTEM = $1 - [(1-K(\text{SERI 1})) \times (1-K(\text{SERI 2})) \times (1-K(\text{SERI 3}))]$

= 0.999999998

KEGAGALAN SISTEM = $1 - \text{KEANDALAN SISTEM}$

= 2.25E-09

DAFTAR PUSTAKA

Abdulraheem, Abdulazeez. 2007. **Rock Mechanics for Petroleum Engineer.** Lecture.

Alam, S. D. 2007. **Analisa Keruntuhan Jacket Platform Akibat Beban Seismic Berbasis Keandalan.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan-FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

API RP 2A-WSD 21st Edition. 2000. **Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platform.** American Petroleum Institute. Washington D.C.

Bao, Xing Xian, et al. 2012. **A Safety Assessment Method on Aging Offshore Platforms With Damages.** College of Engineering, Ocean University of China, China.

Ersdal, Gerhard. 2005. **Assessment of Existing Offshore Structures for Life Extension.** Doctoral Thesis. Department of Mechanical and Structural Engineering and Material Science, University of Stavanger, Norway.

Ghosn, M., and Moses, F. 1986. **Reliability Calibration of a Bridge Design Code.** J. Struct. Eng., 112 (4), 745-763.

Harinaldi. 2005. **Prinsip – prinsip Statistik.** Erlangga, Jakarta.

Kelompok Keilmuan Geodesi, 2007. **Dokumentasi Monitoring Oil Platform Subsidence.** Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, ITB, Bandung.

Lewis, R. Barry, 1999. **Sea Level Rise and Subsidence Effect on Gulf Archaeological Site Distribution.** Department of Anthropology, University of Illinois, 109 Davenport Hall, 607 S. Mathews St., Mc-148, Urbana.

Maharlika, Ade Yusa. 2012. **Analisis Keruntuhan Jacket Platform Akibat Beban Gempa Dengan Variasi Elevasi Dek.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan – FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

McClelland, B., et. All. 1986. **Planning and Designing of Fixed Offshore Platforms**, Van Norstand Reinhold, New York.

PMB Engineering. 1988, **Final Report Phase III**, Assesment Inspection And Maintenance. San Fransisco, CA.

Robayasa, Nastaina. 2012. **Analisis Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Well Tripod Platform Berbasis Resiko**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan – FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Rosyid, D.M. 2007. **Pengantar Rekayasa Keandalan**. Airlangga University Press, Surabaya.

Soedjono, J. J. 1998. **Diktat Mata kuliah Konstruksi Bangunan Laut II**. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.